

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA



UNIVERSIDADE
DE LISBOA



PES VARUS EM DACHSHUND

CAROLINA GAYÁN Y SANCHO DA SILVA ARMÉS

ORIENTADOR:
Doutor José Paulo Pacheco de Sales
Luís
TUTOR:
Doutor José Luís Puchol de Celis

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA



PES VARUS EM DACHSHUND

CAROLINA GAYÁN Y SANCHO DA SILVA ARMÉS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA
VETERINÁRIA

JÚRI
PRESIDENTE:
Doutor Luís Miguel Alves Carreira

VOGAIS:
Doutor António Manuel Correia Martinho Lopes
Doutor José Paulo Pacheco de Sales Luís

ORIENTADOR:
Doutor José Paulo Pacheco de Sales
Luís
TUTOR:
Doutor José Luís Puchol de Celis

2021

DECLARAÇÃO RELATIVA ÀS CONDIÇÕES DE REPRODUÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Nome: Carolina Gayán Y Sancho da Silva Armés

Título da Tese ou *Pes varus* em Dachshund
Dissertação:

Ano de conclusão (indicar o da data da realização das provas públicas): 2021

Designação do curso
de Mestrado ou de
Doutoramento: Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Área científica em que melhor se enquadra (assinale uma):

- ☒ Clínica ☐ Produção Animal e Segurança Alimentar
☐ Morfologia e Função ☐ Sanidade Animal

Declaro sobre compromisso de honra que a tese ou dissertação agora entregue corresponde à que foi aprovada pelo júri constituído pela Faculdade de Medicina Veterinária da ULISBOA.

Declaro que concedo à Faculdade de Medicina Veterinária e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, a minha tese ou dissertação, no todo ou em parte, em suporte digital.

Declaro que autorizo a Faculdade de Medicina Veterinária a arquivar mais de uma cópia da tese ou dissertação e a, sem alterar o seu conteúdo, converter o documento entregue, para qualquer formato de ficheiro, meio ou suporte, para efeitos de preservação e acesso.

Retenho todos os direitos de autor relativos à tese ou dissertação, e o direito de a usar em trabalhos futuros (como artigos ou livros).

Concordo que a minha tese ou dissertação seja colocada no repositório da Faculdade de Medicina Veterinária com o seguinte estatuto (assinale um):

- ☒ Disponibilização imediata do conjunto do trabalho para acesso mundial;
- ☐ Disponibilização do conjunto do trabalho para acesso exclusivo na Faculdade de Medicina Veterinária durante o período de ☐ 6 meses, ☐ 12 meses, sendo que após o tempo assinalado autorizo o acesso mundial*;

* Indique o motivo do embargo (OBRIGATÓRIO)

Nos exemplares das dissertações de mestrado ou teses de doutoramento entregues para a prestação de provas na Universidade e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito na Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa deve constar uma das seguintes declarações (incluir apenas uma das três):

- É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.
- É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE/TRABALHO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.) APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.
- DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.) NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO.

Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, 27 de julho de 2021

(indicar aqui a data da realização das provas públicas)

Assinatura:



Agradecimentos

Esta dissertação é dedicada ao meu tutor José Luís Puchol de Celis por tudo o que me ensinou, pela paixão que me proporcionou por este tema e pela grande oportunidade que me deu de poder fazer parte de uma equipa tão incrível e acolhedora que me ensinou muito tanto a nível profissional como pessoal.

O segundo agradecimento, este com um toque especial, é para o meu pai e todo o tempo que ele me dedica mesmo que muitas vezes não o tenha.

Por fim, obrigada a todo o caravan por estes seis anos incríveis e tantos outros melhores que virão.

PES VARUS EM DACHSHUND

Resumo

O *pes varus* é uma deformidade ortopédica pouco comum, no entanto, sobre representada na raça Dachshund, podendo tanto ter uma apresentação unilateral como bilateral. Os cães afetados possuem uma conformação característica do membro pélvico que resulta da angulação distal do aspeito medial da tíbia e consequente desvio *varus* do tarso, os quais lhe proporcionam esta forma arqueada patognomónica. A sintomatologia é variada e está diretamente relacionada com a gravidade da angulação e com o tempo ao qual o animal foi exposto à deformidade, aumentando a severidade com a progressão desta. É importante sublinhar que os cães podem não apresentar sinais clínicos tal como podem desenvolver claudicação e osteoartrite assim como rotura de ligamentos ou luxação da patela, daí a necessidade imperiosa de intervir o mais atempadamente possível. Para além do exame ortopédico, devem-se ressaltar que as radiografias confirmam o diagnóstico, podendo ser acompanhadas de uma tomografia computadorizada dependendo da gravidade e localização da deformidade. Assim, as provas imagiológicas são de extrema relevância nestes casos uma vez que permitem a aplicação do método do Centro de Rotação de Angulação, CORA, para o planeamento da correção da deformidade angular.

O objetivo do presente trabalho consiste em descrever a técnica cirúrgica da osteotomia em cunha aberta para casos de *pes varus* em três Dachshunds, dos quais dois são *pes varus* unilaterais e um com uma apresentação bilateral da patologia, tendo-se alcançado o sucesso nas quatro intervenções realizadas. Para cada caso clínico individualmente são descritas a apresentação clínica e imagiológica da doença, o planeamento da cirurgia segundo o método CORA e a evolução pós-cirúrgica do membro ou membros operados, comparando ainda os procedimentos adotados com outras opções de técnicas cirúrgicas e métodos de fixação já descritos por outros autores.

Concluindo, o sucesso das intervenções apresentadas permitiu-nos aferir que a técnica utilizada foi apropriada para a correção desta deformidade angular em Dachshunds, no entanto, aconselhamos a que se realizem estudos acerca desta técnica com uma amostra mais ampla e propomos ainda futuros estudos mais aprofundados para a sua resolução segundo técnicas menos invasivas.

Palavras-chave: *pes varus*; deformidade angular do membro; CORA; cirurgia; osteotomia em cunha aberta

PES VARUS IN DACHSHUND

Abstract

Pes varus is an uncommon orthopedic pathology, however, over-represented in Dachshunds and it can have a unilateral or bilateral presentation. Dogs are presented with a characteristic conformation of the pelvic limb that results from the distal angulation of the tibia and the consequent *varus* deviation of the tarsus, which gives it a pathognomonic arched shape. The symptoms are varied and are directly related to the severity of the angulation and the time to which the animal was exposed to the deformity, increasing the severity with its progression. It is important to emphasize that dogs may not present clinical signs such as they may develop lameness and osteoarthritis as well as torn ligaments or dislocation of the patella, hence the urgent need to intervene as soon as possible. In addition to the orthopedic examination, it should be noted that radiographs confirm the diagnosis and may also require a CT scan dependent on the severity and location of the deformity. Imaging exams are extremely important as they allow the application of the Rotation Center of Angulation method, CORA, to plan the correction of the angular deformity.

The aim of this study is to describe the surgical technique of open wedge osteotomy for cases of *pes varus* in three Dachshunds, of which two are unilateral *pes varus* and one is a bilateral presentation of the pathology, with success in all four interventions performed. For each clinical case, the clinical and imaging presentation of the pathology, the surgical planning according to the CORA method and the post-surgical evolution of the operated limb or limbs are described, also comparing the procedures adopted with other options of surgical techniques and fixation methods already described by other authors.

In conclusion, the success of the interventions presented allowed us to verify that the technique used was appropriate for the correction of this angular deformity in Dachshunds, however, we advise that studies be carried out on this technique with a broader sample and we also propose further in-depth studies for its resolution using less invasive techniques.

Key-words: *pes varus*; angular limb deformity; CORA; surgery; open wedge osteotomy

ÍNDICE

Agradecimentos.....	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABELAS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
I. RELATÓRIO DE ESTÁGIO	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
1. Deformidades angulares dos membros. <i>Varus</i>	4
2. <i>Pes varus</i>	4
3. Causas.....	5
3.1. Etiologia em MV.....	5
3.2. Etiologia comparada a MH.....	6
3.2.1. Doença de Pyle	7
3.2.2. <i>Talipes equinovarus</i>	7
4. Consequências	8
5. Diagnóstico.....	8
5.1. Diagnóstico clínico.....	8
5.2. Diagnóstico imagiológico	9
5.3. Dificuldades imagiológicas associadas a deformidades angulares complexas.....	9
6. Método CORA.....	10
6.1. Sistema de classificação de deformidades angulares dos membros	13
6.2. Planeamento cirúrgico segundo o método CORA.....	14
7. Tipos de tratamento. Varulização	15
7.1. Planeamento da osteotomia segundo o CORA.....	16
7.2. Osteotomias	18
7.2.1. Osteotomias lineares	19
7.2.1.1. Cunha aberta.....	19
7.2.1.2. Cunha fechada	20
7.2.2. Osteotomias circulares	20
7.2.2.1. Radial (cilíndrica).....	20
7.2.2.2. Cúpula.....	20
8. Aparelhos de fixação externa	21
8.1. Fixadores externos lineares.....	22
8.2. Fixadores externos circulares e fixadores externos circulares articulados	23
8.3. Fixadores externos híbridos (HESF).....	23
9. Fixadores internos	24
10. Fatores clínicos que influenciam a distração osteogénica	25
11. Enxertos ósseos.....	25

III - RESOLUÇÃO CIRÚRGICA DE CASOS DE PES VARUS EM DACHSHUNDS POR OSTEOTOMIA EM CUNHA ABERTA E MÉTODOS DE FIXAÇÃO INTERNA .26

1. INTRODUÇÃO	26
2. OBJETIVOS	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1. Caracterização da amostra	27
3.1.1. Caso clínico 1 - <i>Pes varus</i> unilateral MPD	27
3.1.2. Caso clínico 2 - <i>Pes varus</i> unilateral MPE	28
3.1.3. Caso clínico 3 - <i>Pes varus</i> bilateral	28
3.2. Estudo imagiológico	28
3.2.1. Caso clínico 1	28
3.2.2. Caso clínico 2	30
3.2.3. Caso clínico 3	32
3.2.3.1. MPE	33
3.2.3.2. MPD	34
3.3. Técnicas suportadas	35
3.3.1. Protocolo anestésico	35
3.3.2. Descrição da técnica cirúrgica	36
4. RESULTADOS	39
4.1. Particularidades dos casos clínicos	39
4.1.1. Caso clínico 1	39
4.1.2. Caso clínico 2	39
4.1.3. Caso clínico 3	39
4.1.3.1. MPE	39
4.1.3.2. MPD	39
4.2. Sucesso cirúrgico	40
4.2.1. Caso clínico 1	40
4.2.2. Caso clínico 2	41
4.2.3. Caso clínico 3	43
4.2.3.1. MPE	43
4.2.3.2. MPD	45
IV. DISCUSSÃO	47
V. CONCLUSÃO	53
VI. BIBLIOGRAFIA	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Aplicação do eixo mecânico da tíbia no plano frontal..	11
Figura 2: Pontos estabelecidos para as linhas de orientação articular proximal (1a) e distal (1b) da tíbia no plano frontal por Dismukes et al. (2007).	12
Figura 3: Medição dos ângulos de orientação articular proximal e distal da tíbia no plano frontal.....	13
Figura 4: Esquema da aplicação do método CORA para a planificação da cirurgia de correção de <i>pes varus</i> baseado no esquema de Johnson et al. (1989).	17
Figura 5: Esquema das Leis da osteotomia de Paley (Fox and Tomlinson 2015).....	19
Figura 6: Pré-cirúrgico do caso clínico 3.....	28
Figura 7: Radiografias ortogonais da extremidade posterior direita (caso 1).	29
Figura 8: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda (caso clínico 1).....	29
Figura 9: Estudo radiográfico da tíbia no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 1). a) Tíbia esquerda; b) Tíbia direita.....	30
Figura 10: Ensaio da osteotomia da tíbia direita no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 1).	30
Figura 11: Radiografias tibiais no plano frontal (caso clínico 2).	31
Figura 12: Estudo radiográfico da tíbia no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 2). a) tíbia esquerda; b) tíbia direita.	31
Figura 13: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda (caso clínico 3).....	32
Figura 14: Radiografias ortogonais da tíbia direita (caso clínico 3).....	32
Figura 15: Estudo radiográfico da tíbia esquerda no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 3).	33
Figura 16: Ensaio da osteotomia da tíbia esquerda no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 3).	34
Figura 17: Estudo radiográfico da tíbia direita no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 3).	34
Figura 18: Ensaio da osteotomia da tíbia direita no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 3).	35
Figura 19: Sequência de vários passos da cirurgia de varulização.....	37
Figura 20: Osteotomia linear distal da tíbia.	37
Figura 21: Montagem do jig e abertura da cunha.	38
Figura 22: Confirmação do alinhamento ósseo por fluoroscopia.	38
Figura 23: Sistema de fixação interna por placas e parafusos.....	38
Figura 24: Radiografias ortogonais da tíbia direita após cirurgia (caso clínico 1).....	40
Figura 25: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda após cirurgia (caso clínico 2).	41
Figura 26: Radiografias ortogonais da tíbia direita um mês após cirurgia (caso clínico 1).	42
Figura 27: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda dois meses após cirurgia (caso clínico 2).....	42
Figura 28: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda após cirurgia (caso clínico 3).	43
Figura 29: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda um mês após cirurgia (caso clínico 3).	44
Figura 30: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda dois meses após cirurgia (caso clínico 3).....	44
Figura 31: Radiografias ortogonais da tíbia direita após cirurgia (caso clínico 3).....	45
Figura 32: Pós-cirúrgico do membro posterior direito.	45
Figura 33: Radiografias ortogonais da tíbia direita após um mês cirurgia (caso clínico 3)....	46
Figura 34: Radiografias ortogonais da tíbia direita dois meses após cirurgia (caso clínico 3).	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Cirurgias acompanhadas pela estagiária durante o estágio.....	12
Tabela 2 - Medições pré-operatórias segundo o método CORA para todos os casos clínicos.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS

MPE	Membro pélvico esquerdo
MPD	Membro pélvico direito
CORA	Centro de Rotação de Angulação
ACA	Eixo de correção da angulação
mMPTA	Ângulo mecânico medial proximal tibial
mMDTA	Ângulo mecânico medial distal tibial
θ	Ângulo de correção da angulação
TC	Tomografia computadorizada
IV	Endovenoso
IM	Intramuscular
BID	Duas vezes ao dia (12 em 12 horas)
TID	Três vezes ao dia (8 em 8 horas)
LP	Placa bloqueada (<i>Locking plate</i>)
DCP	Placa de compressão dinâmica (<i>Dynamic compression plate</i>)
ICTEV	<i>Talipes equinovarus</i> idiopático congénito
MH	Medicina humana
MV	Medicina veterinária

I. RELATÓRIO DE ESTÁGIO

O estágio curricular foi iniciado a 5 de outubro de 2020 no Hospital Veterinario Puchol, em Madrid, sob a tutoria do Doutor Jose Luis Puchol de Celis. O horário foi rotativo entre internamento, consultas de rotina, consultas de urgência, consultas de especialidade, anestesiologia e cirurgia.

Devido à enorme afluência de casos diferentes e entusiasmo pela prática e evolução, conjuntamente com a amabilidade de todos os funcionários do hospital, foi-me concedido permanecer mais tempo do que o habitual no estágio, sendo que as horas foram excedidas perfazendo um total de 1486 horas com conclusão do estágio a 5 de julho de 2021.

Internamento

Nas semanas dedicadas ao internamento e unidade de cuidados intensivos eram realizadas três rondas diárias de passagem dos casos clínicos nas quais cada caso era explorado ao detalhe desde o internamento do animal até à sua alta incluindo a discussão entre vários membros da equipa. De seguida, eram realizados exames de estado geral a todos os pacientes internados incluindo, em alguns casos, medição das pressões sanguíneas, da glicémia e recolha de amostras de sangue. Nesta área tive a oportunidade de proceder à colocação de cateteres, realizar exames complementares como hemogramas, análises bioquímicas, ionogramas, provas de coagulação, urianálises e análise de líquido livre. Para além disto também auxiliei em processos de enfermagem com a preparação e administração de medicações (por via oral, endovenosa, subcutânea, intramuscular, intraocular e tópica), assim como a preparação e monitorização de sistemas de soro e de infusão contínua, elaboração de pensos moles e rígidos, drenagem de abscessos, enemas, contenção de animais e cuidados básicos de higiene. A realização de procedimentos como a colocação de sondas nasogástricas, sondas esofágicas e algalias também foi contemplada durante o estágio, assim como eutanásias e acondicionamento dos cadáveres.

Consultas

Durante as consultas foi-me dada a oportunidade de aprender a lidar com os clientes, bem como praticar a realização de anamneses e exames físicos detalhados, tanto gerais como direcionados a uma área específica. As áreas presenciadas foram dermatologia, oftalmologia, neurologia, cardiologia, odontologia, ortopedia, medicina geral, medicina interna e oncologia, a maioria delas realizadas por médicos veterinários especialistas na área em questão. Após a consulta foi feito um acompanhamento de todos os exames realizados, entre outros a colheita e análise de sangue, citologias, biópsias, colheita de fluidos por cistocentese, toracocentese, abdominocentese, colheita de LCR, testes rápidos para várias doenças

infetocontagiosas, testes de Schirmer, testes de fluoresceína, medição da pressão intraocular. Colaborei na realização de radiografias, TC e ressonâncias magnéticas.

Cirurgia

O período de estágio, após rotação pelos outros serviços, foi essencialmente focado na cirurgia, onde me foi concedida a oportunidade de seguir o caso desde a receção do animal e assinatura do termo de responsabilidade relativamente aos riscos anestésicos pela parte do tutor até à alta do paciente. Os procedimentos pré-cirúrgicos em que pude intervir incluíam a recolha e análise de sangue, a colocação do cateter, a preparação da medicação anestésica, tricotomia, assepsia, preparação do campo cirúrgico e abertura e organização do material. Houve a oportunidade de participar como auxiliar de anestesista e auxiliar de cirurgião, ajudando na monitorização dos parâmetros do animal assim como na manutenção da anestesia e controlo da dor e também em alguns passos cirúrgicos. A realização de radiografias e TC pós-cirúrgicas também foi efetuada assim como procedimentos de suporte básico de vida, quando necessário. A tabela 1 contempla as cirurgias observadas, sendo que em algumas, colaborei sob supervisão, tendo havido oportunidade de realizar várias suturas de aposição anatómica e de pele.

Tabela 1 – Cirurgias assistidas pela estagiária durante o estágio.

Cirurgia de tecidos moles	Nº	Cirurgia Ortopédica	Nº	Cirurgia Oftálmica	Nº
Orquiectomia	15	Osteossíntese	20	Enucleação	12
OVH (convencional)	27	TPLO	46	Implante corneal	1
Ovariectomia (mínima invasão)	15	Fixação externa	6	Cantectomia	10
Mastectomia	22	Artrodese do carpo	7	Entrópion	5
Parálise laríngea	2	Maxilectomia	2	Facoemulsificação	2
Fenda palatina	2	CCWO	1	Corpo estranho corneal	1
Cistectomia	4	Osteotomia biobliqua	1	Luxação membrana nictitante	3
Shunt porto-sistémico	3	Luxação da rótula	16	Quisto dermóide	1
Enterectomia	16	Amputação membro	10	Extração cristalino	1
Pacemaker	1	Luxação sacroilíaca	1	Prótese intra-escleral	1
Pericardiectomia	2	Artroplastia da anca	6	Retinoplastia	2
Exérese de massas com flap	11	Artrodese do cotovelo	2	Procedimentos endoscópicos	Nº
Esplenectomia	6	Osteotomia linear em cunha aberta	5	Rinoscopia	4
Herniorrafia perineal	2	Cirurgia Neurológica	Nº	Traqueo-broncoscopia	1
Herniorrafia diafragmática	1	Hérnias discais	14	Artroscopia	18

Nodullectomia	16	Cirurgia Odontológica	Nº	Cistoscopia	1
Lobectomia hepática	4	Destartarização	12	Endoscopia	21
Resolução de PDA	4	Exodontia	6	Otosopia	7
Otohematoma	5				
Ablação do conduto auditivo	2				
Trepanação da bula timpânica	5				
Nasoplastia	4				
Estafilectomia	4				
Exérese mucocelo	1				

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Deformidades angulares dos membros.

Uma deformidade angular ou rotacional de um membro caracteriza-se por uma anormalidade patológica no alinhamento espacial de qualquer membro. Resulta numa postura anormal que pode levar a incongruências articulares associadas a dor ao longo do tempo e que culminem em claudicações funcionais (Fitzpatrick, 2019). Dentro destas deformidades angulares constam as patologias *varus* e *valgus*, no plano frontal, *procurvatum* e *recurvatum* no plano sagital e torsão interna ou externa no plano transversal (Martinez and DeCamp 2015).

Deformidades angulares dos membros são comuns em cães (Johnson et al. 1994) e normalmente ocorrem como consequência de um crescimento anormal da placa epifisária secundário ao seu fecho precoce completo ou parcial (Carrig 1983). O fecho precoce fiseal pode resultar de um trauma, condrodistrofia ou outras doenças musculoesqueléticas genéticas (Jaeger et al. 2007). Deformidades do antebraço são as deformidades axiais mais comuns que se podem desenvolver em cães de todos os tamanhos (Martinez and DeCamp 2015), sendo o fecho prematuro da placa epifisária distal da ulna a causa mais comum de deformidades angulares do rádio (Fox et al. 2006).

Distúrbios ao crescimento das placas epifisárias do membro pélvico são pouco reportados em medicina veterinária, representando 12% das deformidades em cães (Petazzoni et al. 2012), sendo que as da tíbia representam 4.4 a 6.9% das deformidades, o que inclui as deformidades *varus* e *valgus* da porção distal da tíbia canina, entre outras deformidades (Marretta and Schrader 1983; Jaeger et al. 2007).

No caso do *valgus* tarsal, acredita-se que este possa resultar tanto de um crescimento anormal do aspeto medial da placa epifisária distal tibial ou de uma perturbação ao crescimento lateral da fise, sendo que o crescimento anormal do aspeto distal da fíbula com subsequente amarração e diminuição do crescimento tibial distal lateral também foi sugerido como possível causa (Jaeger et al. 2007).

A prevalência de *pes varus* na espécie canina é baixa, representando uma pequena porção das 4.4 a 6.9% das deformidades em cães, no entanto, a raça Dachshund está sobre representada (DeCamp et al. 2016).

2. *Pes varus*

Pes varus é um termo em latim que combina pé (*pes*) e para dentro (*varus*), contrariamente ao *valgus*, no qual o membro se desvia para o exterior. É uma deformidade caracterizada pela angulação medial do aspecto distal da tíbia no plano frontal, com consequente desvio *varus* do tarso (Johnson et al. 1989).

A fisiopatologia das deformidades angulares dos membros consiste no crescimento assíncrono de um par de ossos, chamados ossos lado a lado, onde um destes pára o seu crescimento prematuramente, atuando como uma espécie de corda de arco, dobrando e torcendo o outro osso do par que continua o seu crescimento. A curvatura causada no osso é resultado da combinação de forças de compressão e tensão, sendo que atinge o seu máximo na superfície do osso e vai diminuindo em direção ao eixo neutral (Hulse and Hyman 1993).

No caso do *pes varus*, a tíbia pára o seu crescimento de forma assimétrica secundariamente ao fecho excêntrico medial da placa epifisária distal (Banks et al. 2021) resultando num crescimento desigual do osso pois, enquanto a fase lateral da placa epifisária mantém a sua função intacta, a fase medial não (Izumisawa et al. 2005; Radasch et al. 2008).

Este fecho precoce resulta num crescimento medial tibial retardado, encurtamento geral da tíbia afetada e curvatura visível do osso com o ápex da deformidade centrado sobre a metáfise da tíbia distal (Radasch et al. 2008), provocando um desvio *varus* da articulação tarsal. Esta deformidade pode ser tanto unilateral como bilateral (Izumisawa et al. 2005).

Numa fase precoce, uma deformidade *varus* é visível quando o cão coloca o seu peso sobre a extremidade ou extremidades posteriores afetadas, pois o centro de gravidade do animal translada-se ao lado do membro afetado (Izumisawa et al. 2005).

O estímulo iatrogénico mais comum é a característica “perna arqueada”, aparência esta que se deve ao desvio *varus* do tarso e à curvatura tibial (Banks et al. 2021). Esta forma de arco do membro pélvico acentua-se quando o animal coloca o aspecto plantar no solo, o que, pela conformação angular do membro, leva a uma abdução do joelho (Radasch et al. 2008).

Pouco foi reportado acerca da morfologia, fisiopatologia, recomendações específicas de tratamento e resultados a longo prazo em cães com deformidades distais tibiais (Johnson et al. 1989).

3. Causas

3.1. Etiologia em medicina veterinária

Como descrito anteriormente, o fecho precoce da placa epifisária interrompe o crescimento ou promove um crescimento assíncrono desse osso e pode ser resultado de um

trauma, de condrodistrofia, de doenças musculoesqueléticas genéticas (Jaeger et al. 2007) ou nutricional (Petazzoni et al. 2012), sendo o trauma a causa mais comum de deformidades angulares em geral (Morgan and Miller 1994).

Múltiplas perturbações ao desenvolvimento apropriado das placas epifisárias foram reportadas e podem resultar num crescimento assíncrono destes ossos com concomitante encurtamento e angulação de um ou ambos os ossos (Fox 2015). Da mesma forma, qualquer evento que impeça a habilidade do par de ossos se desenvolver de maneira fisiológica pode resultar em assincronia e desenvolvimento inadequado do membro (Fox 2015).

O tipo e a gravidade da angulação resultante dependem tanto do momento da perturbação, como das placas epifisárias envolvidas e de se estas foram afetadas simétrica ou assimetricamente (Fox 2015).

Casos de *varus* em membros torácicos de cachorros foram associados à síndrome de laxidão carpal, de causa desconhecida, mas com a forte sugestão de um possível desequilíbrio temporário entre as taxas de crescimento dos ossos e dos tendões dos membros anteriores. Se os ossos do antebraço crescerem mais rapidamente que os tendões, haverá uma hiperextensão ou hiperflexão da articulação, que normalmente é acompanhada de uma deformidade *varus* ou *valgus* (Harasen 2010), muitas vezes autolimitante.

No caso do *pes varus*, acredita-se que este possa ser congénito, genético em certas raças ou ainda secundário a traumas em idade jovem se estes afetarem medialmente a placa epifisária distal da tíbia (Fox 2015).

Esta deformidade, que se caracteriza pela angulação medial da tíbia distal, resulta do fecho excêntrico do aspeto medial da placa epifisária distal da tíbia, o que conduz a um crescimento desigual deste osso pois enquanto a fase lateral da placa epifisária mantém a sua função intacta, a fase medial não (Izumisawa et al. 2005; Radasch et al. 2008). Esta perturbação ao crescimento ósseo conduz a vários graus de encurtamento do córtex medial tibial com resultante deformidade *varus* do segmento distal tibial (Johnson et al. 1989).

Esta é uma patologia para a qual os Dachshund estão predispostos, ainda que a sua causa seja desconhecida, desconfia-se que esta seja maioritariamente hereditária (Banks et al. 2021) pelo facto de muitas vezes não se relacionar com uma história de trauma e ser maioritariamente observada em membros da mesma família, acreditando-se que possa ter na sua base um gene autossómico recessivo (Johnson et al. 1989; Izumisawa et al. 2005; Radasch et al. 2008).

Devido à sua fisiopatologia, o *pes varus* foi primeiro reportado por Mayrhofer como displasia metafiseal da tíbia (Izumisawa et al. 2005) e comparada com a displasia metafiseal em humanos, designada de Doença de Pyle (Jezyk 1985; Jaeger et al. 2007).

3.2. Etiologia comparada a medicina humana

3.2.1. Doença de Pyle

A doença de Pyle, ou displasia metafiseal, é uma patologia autossômica recessiva rara dos ossos longos em humanos na qual se dá um engrossamento do osso esponjoso, trabecular, na zona da metáfise, provocando um alargamento dessa zona e conferindo ao osso uma forma patognomónica de um remo de um barco (Galada et al. 2017). O *valgus* tarsal provocado pode dever-se tanto ao fecho excêntrico do aspeto lateral da placa epifisária distal tibial ou a uma perturbação ao crescimento fiseal lateral (Jaeger et al. 2007).

Recentemente, foi descrita a base genética desta patologia suportada por mutações genéticas no gene SFRP4 (Simsek Kiper et al. 2016), que codifica uma proteína responsável por, entre outras funções, regular o crescimento e diferenciação celular por ser um modulador da via de sinalização da Wnt (Komiya and Habas 2008).

Esta doença foi reportada bastante antes do *pes varus*, em 1931, por Edwin Pyle, sendo caracterizada principalmente pela erupção dentária retardada, densidade óssea diminuída, alongamento metafisário dos ossos longos e desvio *valgus* da tíbia com consequente expansão distal dos metatarsos (Galada et al. 2017). Apesar das claras diferenças, o *pes varus* foi inicialmente comparado com a doença de Pyle em humanos pela displasia metafiseal tibial que ocorre em ambas e, possivelmente, o facto da hereditariedade recessiva poder ter na base o mesmo gene responsável (Heselson et al. 1979; Jezyk 1985).

3.2.2. Talipes equinovarus

Talipes equinovarus é uma deformidade do pé em humanos que, apesar de comum, ainda não é compreendida na totalidade e normalmente é definida como uma fixação do pé em adução, supinação e *varus* (Pavone et al. 2013). Pode ser secundária quando a sua apresentação está associada com uma doença neuromuscular, uma anormalidade cromossomal, outras síndromes ou causas extrínsecas (Pavone et al. 2013), ou ainda, em 80% dos casos, ocorrer em crianças normais, sendo classificado como *talipes equinovarus* idiopático congénito (ICTEV). Esta apresentação é considerada a deformidade pediátrica mais comum ocorrendo em 0,1 a 0,45% dos nascimentos (Pavone et al. 2018).

O diagnóstico desta doença baseia-se essencialmente na evidência clínica, no entanto, o diagnóstico pré-natal com recurso à ultrassonografia também é possível (Pavone et al. 2013).

Alguns tratamentos foram propostos ao longo dos séculos mas atualmente considera-se o método de Ponseti, disponível há mais de cinquenta anos, como a técnica de eleição para a correção de ICTEV pela sua segurança e eficácia demonstradas extensamente na literatura (Shabtai et al. 2014), tendo sido também demonstrado como o procedimento com a maior taxa de sucesso a longo termo (Pavone et al. 2013). Recentemente, vários estudos demonstraram resultados excelentes no uso deste método, tornando-se na primeira linha de

tratamento para estes casos em todo o mundo pelo facto de uma cirurgia aberta extensa ser comumente associada à rigidez e debilidade do membro, consequências estas que se pretendem evitar com o método de Ponseti (Pavone et al. 2013). Este método consiste na manipulação corretiva seriada do membro, numa técnica específica de aplicação de gesso e na possível tenotomia percutânea do tendão de Aquiles (Pavone et al. 2013).

4. Consequências

O *pes varus* é uma afeção que resulta num mau alinhamento do membro pélvico pois este adota uma característica forma de arco com consequente desvio *varus* do tarso (Banks et al. 2021).

À medida que o indivíduo se desenvolve, a deformidade tibial agrava-se, resultando numa carga anormal medial sobre a articulação talocrural (Izumisawa et al. 2005). Esta carga mecânica anormal ao longo da articulação talocrural exerce uma tensão lateral excessiva sobre os tecidos moles adjacentes, podendo mesmo resultar na rotura das estruturas periarticulares (Petazzoni et al. 2012; Banks et al. 2021).

Este mau alinhamento promove o desenvolvimento de morbilidades como a claudicação e a osteoartrite (Banks et al. 2021).

À medida que a deformidade da tíbia progride, a laxidão dos tecidos da articulação femorotibial aumenta, aumentando a probabilidade de desenvolvimento de patologias secundárias como a luxação da patela (Izumisawa et al. 2005).

Quando a deformidade progride para além da capacidade compensatória do cão, geram-se problemas funcionais (DeCamp et al. 2016) que, na ausência de correção cirúrgica, podem evoluir para vários graus de rotura de ligamentos, claudicação, dor, luxação lateral da patela e osteoartrite (Johnson et al. 1989; Izumisawa et al. 2005; Radasch et al. 2008).

5. Diagnóstico

5.1. Diagnóstico clínico

O *pes varus* é visível com o animal em estação pela presença de desvio angular do membro para dentro da linha medial (Radasch et al. 2008).

Em Dachshunds, a maioria dos afetados com *pes varus* desenvolve claudicação (Johnson et al. 1989; Radasch et al. 2008), sendo, nestes casos, importante a realização de um exame ortopédico em movimento por forma a avaliar a presença, ou não, de claudicação. A claudicação dos membros pélvicos é evidente quando o animal baixa a cabeça ao colocar

o peso no membro pélvico afetado, passando assim o peso para os membros torácicos e a cauda balança para cima e para baixo ao inverso de para os lados (Leach et al. 1977).

Para avaliar a claudicação, atribui-se um grau: 0 sem claudicação, 1 claudicação subtil com carga completa, 2 claudicação óbvia com carga completa, 3 claudicação intermitente com carga incompleta, 4 claudicação consistente com carga incompleta (Radasch et al. 2008), tanto para fins de diagnóstico como para monitorizar a evolução do tratamento.

5.2. Diagnóstico imagiológico

É necessário ter em conta que uma correção satisfatória de deformidades angulares dos membros é totalmente dependente da habilidade de estabelecer um plano cirúrgico preciso, o qual se baseia sempre num bom diagnóstico por imagem. Para isto, a radiografia é o método de diagnóstico mais comumente utilizado, no entanto, existem falhas associadas ao seu uso. Um osso deformado é uma forma complexa tridimensional e as radiografias apenas capturam essas estruturas em duas dimensões. Dito isto, o posicionamento correto do membro torna-se a chave para a obtenção de imagens radiográficas úteis diagnosticamente (Fox and Tomlinson 2015).

Como primeira linha de abordagem ao diagnóstico de casos de *pes varus* são realizadas radiografias ortogonais, as quais permitem quantificar o grau de deformidade nos planos frontal e sagital (O'Brien et al. 1971; Fox and Tomlinson 2015).

O critério de inclusão das radiografias para valorar o grau de deformidade angular num caso de *pes varus* deve abranger a totalidade da tíbia e do tarso na projeção. A projeção caudocranial mais apropriada deve incluir a patela posicionada no centro do sulco troclear, a fíbula biseccionada pelos córtices femorais e o bordo medial do calcâneo alinhado com a base do sulco do talus. Na projeção mediolateral, os côndilos femorais e tibiais devem estar sobrepostos (Banks et al. 2021).

5.3. Dificuldades imagiológicas associadas a deformidades angulares complexas

Em adição aos componentes das deformidades observados nos planos frontal e sagital, deformidades angulares dos membros incluem, frequentemente, uma componente de torção, a qual deve ser considerada durante este processo de planeamento. A torção do membro interfere com a precisão destas medições, especialmente se esta exceder os 15°, resultando em erros radiográficos maiores que 5° no plano frontal. Dito isto, o cálculo desta correção cirúrgica baseado apenas em radiografias ortogonais não é preciso quando também está presente uma torção significativa do osso (Fox and Tomlinson 2015).

Estes casos de deformidades angulares complicadas associadas a graus de torção elevados, de modo a obter um planeamento cirúrgico preciso e adequado, requerem métodos adicionais de diagnóstico como a TC (Fox and Tomlinson 2015).

Com os métodos tecnológicos avançados disponíveis nos dias de hoje é também possível proceder-se à impressão de um molde 3D do osso baseado na TC, o que permite uma melhor visualização, planeamento e execução da correção cirúrgica. As vantagens de executar um molde real de um membro com uma complexa deformidade angular são inúmeras e incluem a oportunidade do cirurgião planejar, estudar e praticar um ensaio cirúrgico numa réplica exata do osso afetado antes de proceder à cirurgia no paciente, melhorando a precisão e reduzindo a morbilidade e o tempo da cirurgia (Fox and Tomlinson 2015).

Da mesma forma que a componente de torção causa dificuldades na determinação do alinhamento no plano frontal, uma angulação grave no plano sagital também pode confundir a interpretação no plano frontal e vice-versa. Por exemplo, com uma angulação *procurvatum* ou *recurvatum* tibiofibular grave, um posicionamento radiográfico *standard* não permitirá que o feixe de raios X fique perpendicular à articulação tibiotarsal, tapando assim os pontos de referência anatómicos da tibia distal usados para determinar as linhas de orientação articular, explicadas mais adiante (Fox and Tomlinson 2015).

Por forma a contornar este problema, pode ser adotado um sistema de radiografias segmentadas no qual as radiografias incluam porções menores do membro ao invés de tentar incluir todo o membro em dois planos ortogonais. O objetivo destas radiografias segmentadas é conseguir que, em cada posição, a área de interesse do osso esteja perpendicular ao feixe de raios X de modo a permitir a determinação precisa dos pontos de referência necessários em cada projeção (Fox 2015).

6. Método CORA

O método mais usado para o planeamento e correção de deformidades angulares é o Centro de Rotação de Angulação, ou CORA, um método adaptado da medicina humana que representa um sistema universal para a abordagem de ossos longos em radiografias. Este foi criado com os objetivos de (1) desenvolver um sistema de classificação para deformidades angulares dos membros, (2) estabelecer um vocabulário de termos para descrever deformidades e caracterizá-las, (3) estabelecer uma biblioteca de valores de referência para os ossos “normais” nos quais o cirurgião se pode basear, (4) propor um método pré-operatório de medição que permite eliminar a maior subjetividade e erro possíveis e (5) providenciar um guia para a correção precisa de deformidades angulares dos membros baseado num único conjunto de princípios geométricos aplicáveis às osteotomias, independentemente do tipo de osso em questão ou do tipo de aparelho de fixação (Fox and Tomlinson 2015).

Por forma a entender melhor o método CORA de planeamento de correção de deformidades angulares é necessário conhecer alguns princípios. Inicialmente é necessário definir o eixo do osso em questão, que pode ser um eixo anatómico ou mecânico. O primeiro consta numa linha que passa ao longo do centro, ou diáfise média, do osso no plano frontal ou sagital, dividindo-o a metade ao longo do seu comprimento. Esta linha é reta e centrada, passando diáfise média, se o osso for muito reto. Pelo contrário, em situações onde o osso é curvado, esta linha resolve-se em múltiplos segmentos para permitir a quantificação da angulação da curvatura. Este eixo funciona bem em ossos retos mas no caso de ossos sigmóideais, como a tíbia, onde este seria estabelecido por múltiplas linhas retas, o eixo mecânico tem maior utilidade. Este eixo define-se por uma linha reta que conecta os pontos centrais das articulações proximais e distais ao osso nos planos frontal ou sagital, resultando sempre numa linha reta que representa o eixo ósseo que suporta o peso (Fox and Tomlinson 2015). Estes pontos centrais das articulações são pontos já definidos e que, no caso da tíbia, o ponto central da articulação proximal (joelho) é definido pelo ponto médio entre as espinhas tibiais na linha do plateau tibial e o ponto da articulação distal (tarso) é definido pelo centro do plateau distal tibial (Dismukes et al. 2007).

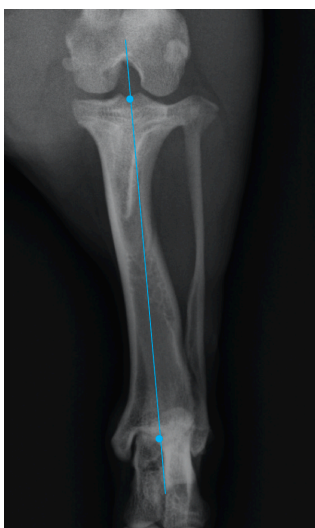


Figura 1: Aplicação do eixo mecânico da tíbia no plano frontal.

Resumindo, o eixo anatómico é mais fácil e correntemente usado em clínica para a abordagem de ossos que são normalmente retos num plano específico, como por exemplo, o rádio canino no plano frontal, e o eixo mecânico é mais utilizado para a abordagem de ossos que são fisiologicamente curvados, como a tíbia canina no plano frontal (Fox and Tomlinson 2015).

Posteriormente, são necessárias definir as linhas de orientação das articulações envolvidas e seus respetivos ângulos em relação ao eixo ósseo utilizado. A linha de orientação articular representa a orientação de uma determinada articulação num plano específico, sendo calculada pela seleção de dois marcadores anatómicos específicos em cada superfície

articular, que se repetam de osso para osso, num mesmo plano específico (Radasch et al. 2008). No caso da tíbia, no plano frontal, os pontos estabelecidos para a linha de orientação articular proximal são os pontos mais distais das concavidades ósseas subcondrais dos côndilos mediais e laterais da tíbia, traçando-se uma linha tangencial à superfície articular do plateau tibial, e os pontos estabelecidos para a linha de orientação articular distal são os pontos mais proximais do osso subcondral dos dois sulcos arciformes da cóclea tibial (Dismukes et al. 2007).

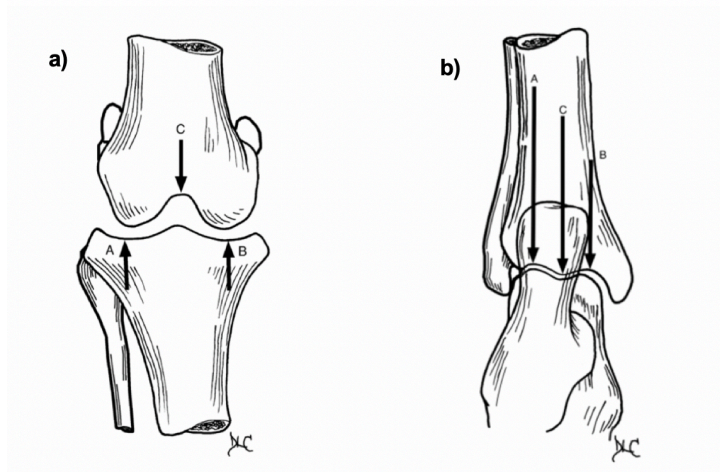


Figura 2: Pontos estabelecidos para as linhas de orientação articular proximal (1a) e distal (1b) da tíbia no plano frontal por Dismukes et al. (2007).

Os ângulos de orientação articular resultam da interseção do eixo mecânico/anatômico do osso com as linhas de orientação articulares. Estes ângulos denominam-se consoante o eixo utilizado, as linhas de orientação articulares e a face do osso e são sempre caracterizados na mesma sequência. A letra minúscula “a” ou “m” é usada no início se o ângulo derivou de um eixo anatômico ou mecânico, respetivamente. As seguintes iniciais definem se o ângulo foi medido na face craneal (Cr) ou caudal (Cd) numa projeção sagital, ou medial (M) ou lateral (L) numa projeção frontal. A seguinte letra representa se o ângulo pertence à parte distal (D) ou proximal (P) do osso. Coloca-se ainda outra inicial que representa o osso ao qual nos referimos, por exemplo, “T” se for a tíbia e, finalmente, a última letra “A” significa que nos referimos a um ângulo (Fox and Tomlinson 2015). Como exemplo de designação, mMPTA, refere-se ao ângulo mecânico medial proximal tibial. É também importante referir que de um ângulo medial se pode extrapolar o ângulo lateral e do ângulo cranial se pode extrapolar o caudal e vice-versa pois o seu somatório sempre será 180°, no entanto, é mais comum usar-se o ângulo agudo (Fox and Tomlinson 2015).

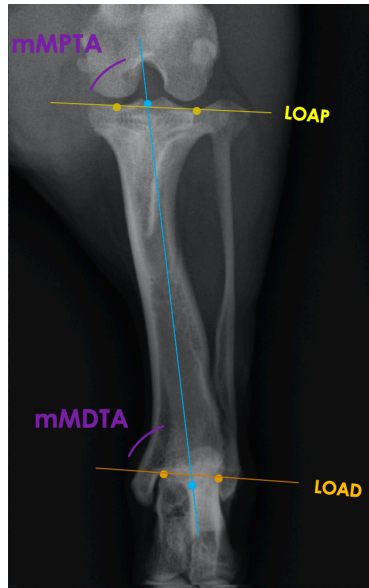


Figura 3: Medição dos ângulos de orientação articular da tíbia no plano frontal.
LOAP – linha de orientação articular proximal, **LOAD** – linha de orientação articular distal,
mMPTA – ângulo de orientação articular proximal, **mMDTA** – ângulo de orientação articular distal.

Por fim, a quantificação do encurtamento do córtex medial da tíbia afetada é determinado como a diferença entre as distâncias dos pontos onde a linha de orientação da articulação talocrural cruza os lados medial e lateral da placa epifisária distal e os pontos correspondentes na articulação femoro-tibio-patelar, num plano paralelo ao do eixo longitudinal do osso (Johnson et al. 1989).

6.1. Sistema de classificação de deformidades angulares dos membros

Foi desenvolvido um sistema de nomenclatura baseado nas descrições de Paley para descrever a direção da angulação em cada um dos planos. São utilizados os termos de *varus* e *valgus* no plano frontal, *procurvatum* e *recurvatum* no plano sagital e torsão interna ou externa no plano transversal (Fox and Tomlinson 2015).

Segundo este sistema, se o osso apresentar deformidades num plano, em dois ou em três, a deformidade designa-se de uniplanar, biplanar ou multiplanar, respetivamente. Se, em cada plano, a deformidade angular apresentar um único ponto CORA, esta é designada de uniapical, do mesmo modo, uma deformidade com dois pontos CORA é designada de biapical e uma com mais de dois pontos CORA, de multiapical (Fox and Tomlinson 2015).

Pode ainda definir-se a deformidade com base na relação existente entre as direções de diferentes CORAs no mesmo osso, isto é, parcialmente compensada, quando os CORAs estão em planos de direções opostas, resultando em articulações paralelas apesar da grande

angulação do osso, ou ainda não compensada, quando os planos das duas deformidades estão na mesma direção, magnificando a angulação (Fox and Tomlinson 2015).

6.2. Planeamento cirúrgico segundo o método CORA

As relações angulares entre o eixo do osso e as articulações adjacentes são utilizadas para identificar a localização da deformidade e o alinhamento ósseo (Mendicino et al. 2005), sendo essenciais para a aplicação do método CORA de avaliação e tratamento das deformidades angulares (Fox et al. 2006).

A medição destes ângulos é importante pois permite comparar os valores do membro afetado com os do membro contralateral, se este for saudável, na altura de planejar a sua correção (Radasch et al. 2008). No caso de se tratar de uma deformidade angular bilateral, procede-se à comparação das medições obtidas com os valores tabelados de referência para a raça em questão (Banks et al. 2021).

Existem valores de referência já tabelados para os ângulos de orientação articulares dos diferentes ossos longos nos diferentes planos. Estes valores são cruciais quando se está perante um caso de deformidade angular bilateral, na qual não existe um membro contralateral “normal” para se proceder à comparação dos ângulos, o que é sempre preferencial. Não existem estes valores de referência para todos os ossos e a isto se acresce a dificuldade da variabilidade de conformação entre as diferentes raças caninas (Fox and Tomlinson 2015).

No caso dos gatos, a investigação de deformidades angulares ainda é escassa, daí este método ser principalmente utilizado em cães, não querendo com isto dizer que estes princípios não possam ser aplicados nesta espécie apesar de ainda não existirem valores de referência tabelados (Banks et al. 2021).

Para casos de deformidades tibiais bilaterais, foram estabelecidos ângulos de orientação articulares de referência para a tibia normal do Labrador Retriever e, genericamente, para raças não condrodistróficas de médio e pequeno porte (Banks et al. 2021).

Dismukes et al. (2007) descreveu um método para a medição radiográfica dos ângulos de orientação articulares proximais e distais da tibia canina no plano frontal, estabelecendo valores normais para uma população de cães, da qual a maioria eram Labradores Retriever, com os resultados de $93.30 \pm 1.78^\circ$ e $95.99 \pm 2.70^\circ$ para os mMPTA e mMDTA, respetivamente, não se tendo verificado uma diferença significativa entre os cães desta raça e os restantes, apresentando desvios de apenas 0.5° e 0.3° em respeito aos mesmos ângulos. Posteriormente, Dismukes et al. (2008) realizou o mesmo estudo para o plano sagital, chegando aos valores de 81.7° e 63.8° para os mCrDTA e mCaPTA em Labradores Retriever e de 81.5° e 63° , para os mesmos ângulos, nos restantes cães da amostra, novamente com

resultados semelhantes com apenas um desvio de 0.2° e 0.8° em respeito aos mesmos ângulos (Dismukes et al. 2008).

No Dachshund, a possível natureza hereditária do *pes varus* leva a que não seja assim tão pouco comum o seu aparecimento bilateral e, acrescido ao facto de ser uma raça condrodisplásica, os ângulos de referência disponíveis não se aplicam à diferente conformação dos seus ossos (Banks et al. 2021).

Por forma a contornar este problema, em 2021, Banks et al. realizou um estudo com 25 Dachshunds, excluindo todos os pacientes esqueleticamente imaturos e todos aqueles com patologias ou anormalidades prévias tibiais, para o estabelecimento dos ângulos de orientação mecânicos normais da articulação tibial especificamente para esta raça.

Foram realizadas um total de 32 mediolaterais (plano frontal) e 38 radiografias craniocaudais (plano sagital), das quais foram feitas as medições dos mMPTA, mMDTA, mCaPTA e mCrDTA, chegando-se aos valores de $93.1 \pm 4.2^\circ$, $97.5 \pm 3.9^\circ$, $75.3 \pm 3.7^\circ$ e $85.0 \pm 5.3^\circ$, respetivamente (Banks et al. 2021).

7. Tipos de tratamento

O tratamento definitivo de *pes varus* requer correção cirúrgica (Sellier et al. 2020), a qual tem como principal objetivo o realinhamento das superfícies articulares tibiais distal e proximal à deformidade no plano frontal, devolvendo-as à sua orientação fisiológica (Radasch et al. 2008; Petazzoni et al. 2012).

O termo *pes varus* implica uma deformidade *varus* uniplanar, isto é, no plano frontal, no entanto, apesar da deformidade *varus* ser a conformação anormal predominante, esta condição pode resultar numa anormalidade de crescimento multidirecional (Kobayashi et al. 2012) com componentes noutros planos, aumentando assim a dificuldade tanto do planeamento como da cirurgia.

Existem técnicas como a elevação perióstea ou o grampeamento transfisal que visam aumentar o crescimento na fase medial ou abrandar o crescimento da fase lateral da tibia, respetivamente (Hamish and Butterworth 2000). Estas técnicas podem ser adotadas, no entanto, pacientes com *pes varus* apresentam-se tipicamente numa idade em que estas são inapropriadas pelo insuficiente potencial de crescimento do osso para a autocorreção da deformidade (Sellier et al. 2020).

Deformidades tibiais são normalmente corrigidas através da realização de osteotomias associadas a diferentes métodos de fixação internos ou externos sendo que a escolha do tipo de fixação depende do tamanho do animal, da apresentação e da gravidade da deformidade (Martinez and DeCamp 2015).

As técnicas de correção de *pes varus* mais reportadas nos últimos anos em cães foram as osteotomias em cunha aberta (Johnson et al. 1989; Izumisawa et al. 2005; Radasch et al. 2008; Petazzoni et al. 2012) ou em cunha fechada (Yoneji et al. 2007).

Importante salientar que uma das grandes dificuldades destas cirurgias é o facto das articulações tibiais não serem fisiologicamente paralelas nem igualmente anguladas entre as diferentes raças, daí a grande importância de conhecer os ângulos de orientação articular (Martinez and DeCamp 2015) mais adequados para o animal em questão.

Em Dachshund, os mCrDTA e mMDTA podem diferir significativamente entre membros normais e membros afetados por *pes varus*, o que sugere a presença de uma deformidade biplanar ou multiplanar (Kobayashi et al. 2012).

O método CORA, descrito anteriormente, torna-se numa base essencial para a resolução de *pes varus*, uma vez que define a deformidade em relação aos eixos ósseos e permite o planeamento da osteotomia de correção das deformidades angulares e dos deslocamentos articulares secundários (Martinez and DeCamp 2015).

7.1. Planeamento da osteotomia segundo o CORA

De modo a determinar o ângulo de correção e planear a linha de osteotomia mais adequada perante uma deformidade *pes varus*, inicialmente é necessário ter em conta se a sua apresentação é unilateral ou bilateral (Banks et al. 2021) e também se esta se trata de uma deformidade apenas no plano frontal ou de uma deformidade multiplanar.

No caso de que seja unilateral, o estudo radiográfico inicia-se pela tíbia saudável, traçando as linhas de orientação articulares e o eixo mecânico tibial segundo os princípios explicados anteriormente. O mMPTA e o mMDTA são medidos e registados de forma a poderem ser utilizados como referência para a correção da tíbia afetada (Petazzoni et al. 2012; Sellier et al. 2020).

Se, por outro lado, se tratar de um *pes varus* bilateral, não é possível obter estes ângulos fisiológicos especificamente para esse animal, o que já se referiu como sendo sempre preferencial (Fox and Tomlinson 2015). Nestes casos utilizam-se os ângulos de referência já tabelados com base em vários estudos de populações (Dismukes et al. 2007; Dismukes et al. 2008; Fox and Tomlinson 2015; Banks et al. 2021).

Seguidamente, no estudo radiográfico da tíbia afetada traçam-se as linhas de orientação articular. Dado que a tíbia deformada possui uma curvatura própria, o eixo mecânico do osso será dividido em dois segmentos, um distal e um proximal. Os eixos mecânicos proximal e distal traçam-se desde os seus respetivos centros articulares com a angulação de referência ou com os ângulos pré-determinados na tíbia saudável, segundo os princípios de planeamento do eixo mecânico para a identificação do CORA (Petazzoni et al. 2012; Sellier et al. 2020).

A interseção destes eixos representa o ponto CORA e o ângulo agudo criado entre eles corresponde ao ângulo de correção da angulação, isto é, o grau de deformidade necessário corrigir nesse osso (Sellier et al. 2020), se se tratar de uma deformidade uniapical. No caso de ser uma deformidade biapical ou multiapical, os eixos mecânicos não vão coincidir por si, havendo a necessidade de se traçar um ou mais eixos anatómicos (Fox and Tomlinson 2015).

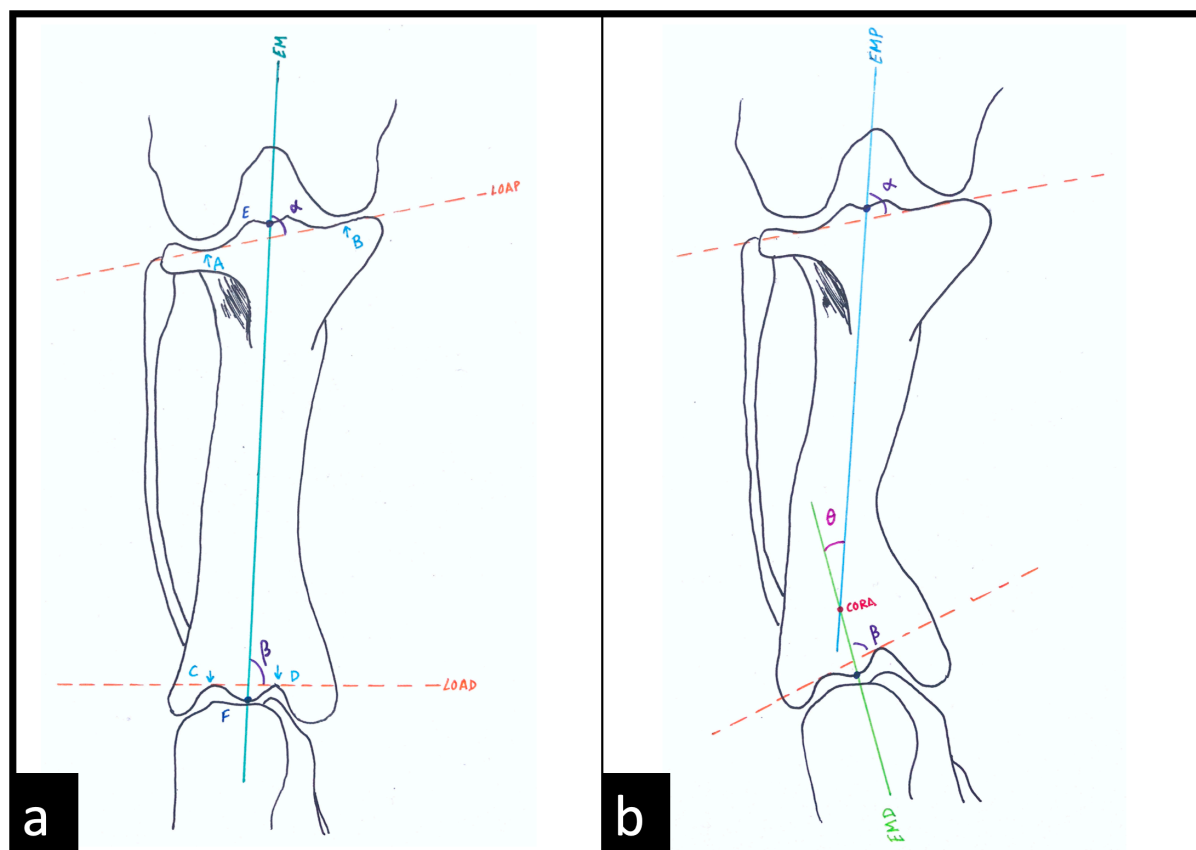


Figura 4: Esquema da aplicação do método CORA para a planificação da cirurgia de correção de *pes varus* baseado no esquema de Johnson et al. 1989.

a) Tíbia morfometricamente correta. Ângulo α – mMPTA, ângulo β – mMDTA, A e B – pontos de referência para a linha de orientação articular proximal, C e D – pontos de referência para a linha de orientação articular distal, E - ponto de referência proximal para o eixo mecânico, F - ponto de referência distal para o eixo mecânico, EM – eixo mecânico, LOAP – linha de orientação articular proximal, LOAD – linha de orientação articular distal. b) Tíbia com deformação *varus*. EMP- eixo mecânico proximal, EMD – eixo mecânico distal, ângulo α – mMPTA, ângulo β – mMDTA, ângulo θ - ângulo de correção da angulação.

Em casos de *pes varus* que envolvam também uma angulação *procurvatum* ou *recurvatum*, o ponto CORA e o ângulo de correção devem também ser determinados segundo estes ângulos de orientação no plano sagital (Sellier et al. 2020).

O grau de torção tibial, se existente, é determinado através de TC no plano transversal pela medição do ângulo criado entre o eixo transcondilar proximal e a superfície cranial da tíbia distal (Sellier et al. 2020).

Um tratamento com êxito requer sempre um bom e completo planeamento cirúrgico pré-operatório. A realização de radiografias ortogonais perfeitamente posicionadas pode ser um desafio em deformidades complexas mas é essencial para a quantificação da deformidade e caracterização de outras patologias secundárias associadas como podem ser a subluxação ou deslocação da articulação (Martinez and DeCamp 2015).

7.2. Osteotomias

Antes da realização de qualquer osteotomia o cirurgião deve ter conhecimento da localização do CORA, do local proposto para a osteotomia, do ângulo de correção da angulação (θ) e do eixo de correção da angulação (ACA) (Fox and Tomlinson 2015).

O ACA pode ser considerado como o ponto sobre o qual a rotação dos dois segmentos do osso pode ser feita, estando sob o controlo do cirurgião e sempre numa relação perpendicular ao plano da deformidade (Fox and Tomlinson 2015). Tem-se vindo a dar mais importância ao posicionamento preciso da osteotomia corretiva no ponto CORA, o que permite, segundo as Leis de osteotomia de Paley, evitar o mau alinhamento iatrogénico secundário ao promover a co-linearidade dos eixos dos segmentos ósseos (Petazzoni et al. 2012). No entanto, por vezes o CORA localiza-se numa zona não acessível do osso, como sendo a placa epifisária, não permitindo a realização da osteotomia no seu local ideal, daí a necessidade de aplicar as Leis de Paley. Estas resultam da relação existente entre as localizações do ponto CORA, da osteotomia e do eixo de correção da angulação e os seus princípios são aplicáveis independentemente do osso e do método de fixação utilizado (Fox and Tomlinson 2015).

(1) Primeira Lei: quando a linha de osteotomia e o ACA são baseados no CORA, a correção angular e a co-linearidade dos eixos é obtida. Este ACA passa a chamar-se eixo de correção angular-CORA.

(2) Segunda Lei: quando o ACA é baseado no CORA mas a linha de osteotomia é executada a um nível diferente do eixo de correção angular-CORA, a correção angular é obtida resultando em co-linearidade dos eixos, no entanto, requer a transladação de um dos segmentos ósseos.

(3) Terceira Lei: quando o ACA e a linha de osteotomia são realizados a um nível diferente do CORA, a angulação é corrigida resultando no paralelismo dos eixos mas sem co-linearidade dos mesmos, o que deve ser evitado (Paley 2002).

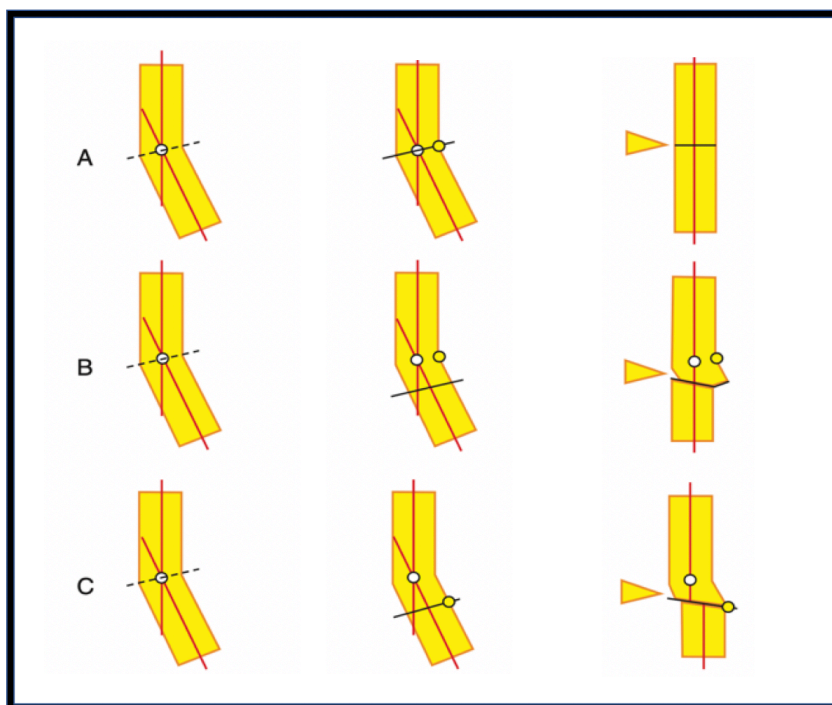


Figura 5: Esquema das Leis da osteotomia de Paley (Fox and Tomlinson 2015). A – Primeira Lei de Paley, B – Segunda Lei de Paley, C – Terceira Lei de Paley.

7.2.1. Osteotomias lineares

7.2.1.1. Cunha aberta

As osteotomias por abertura em cunha são efetuadas por osteótomos lineares ao longo da linha de bissetriz transversa, segundo a primeira Lei de Paley, ou com um deslocamento do nível do eixo de correção angular-CORA, segunda Lei de Paley. Um CORA de abertura é selecionado na superfície convexa do osso e serve de referência para o eixo de correção da angulação, ou ponto *pivot* (Fox and Tomlinson 2015).

Após a osteotomia, os segmentos ósseos são reangulados segundo o ângulo de correção e a osteotomia abre, resultando num defeito ósseo em forma de cunha aberta (Fox and Tomlinson 2015).

As vantagens desta técnica incluem a sua versatilidade e facilidade de realização, no entanto, pode provocar o alongamento do osso e a resultante perda de aposição gera uma configuração instável do mesmo, requerendo métodos fortes de fixação (Radasch et al. 2008).

Esta aposição insuficiente dos segmentos ósseos resulta numa escassa superfície de contacto que apenas permite uma dispersão mínima da carga entre estes, aumentando o stress nos implantes utilizados para a estabilização e podendo predispor à sua falha (Sellier et al. 2020).

Baseado no tipo de CORA, de abertura ou fecho, podemos obter um ligeiro alongamento ou encurtamento ósseo, respetivamente (Fox and Tomlinson 2015).

7.2.1.2. Cunha fechada

Numa ostectomia por cunha fechada, o eixo de correção angular é baseado num CORA de fecho, na superfície côncava do osso, retirando-se um segmento ósseo em forma de cunha por forma a reangular os dois segmentos (Fox and Tomlinson 2015). Segundo esta técnica, duas osteotomias são executadas no mesmo plano do CORA cujo ângulo de interseção é equivalente ao ângulo de correção da angulação sendo que, após esta redução, os dois segmentos são aposicionados (Fox and Tomlinson 2015).

A aposição óssea resultante desta técnica é ideal para a aplicação de métodos de fixação internos segundo placas e parafusos uma vez que promove uma maior superfície de contacto entre os segmentos ósseos e permite uma dispersão da carga mais equilibrada entre estes (Fox and Tomlinson 2015).

Logo após a ostectomia, a sua versatilidade rotacional é possível, no entanto, a aposição dos segmentos ósseos resulta numa fixação do ângulo de redução. Isto torna-se um problema quando o ângulo necessita ser reajustado, requerendo osteotomias adicionais para corrigir qualquer deformidade residual (Fox and Tomlinson 2015).

Podendo ser uma vantagem, ou não, esta técnica resulta num encurtamento do osso (Fox and Tomlinson 2015).

7.2.2. Osteotomias circulares

7.2.2.1. Radial (cilíndrica)

As osteotomias circulares aderem às Leis de Paley acima mencionadas, no entanto, apenas são aplicáveis a segunda e terceira leis devido à geometria não linear do corte. Idealmente, baseia-se o eixo de correção da angulação-CORA no centro do proposto corte cilíndrico e a osteotomia será distanciada deste pelo raio da serra arqueada, deste modo, o osso é realinhado pela segunda Lei de Paley (Fox and Tomlinson 2015).

Em relação ao diâmetro da lâmina, quanto mais parecido este for com o diâmetro ósseo, melhor será a aposição óssea após a correção (Fox and Tomlinson 2015).

As vantagens desta técnica incluem a sua versatilidade na correção angular se esta necessitar ser reajustada sem recorrer a osteotomias adicionais, a manutenção do comprimento do osso, a promoção de uma boa aposição dos segmentos ósseos e uma elevada resistência a cargas (Fox and Tomlinson 2015).

No entanto, esta técnica apenas pode ser aplicada em deformidades uniplanares, uma vez que as superfícies cilíndricas concêntricas formadas pela lâmina apenas permitem correções num único plano (Fox and Tomlinson 2015).

7.2.2.2. Cúpula

A lâmina utilizada nesta técnica corta a superfície óssea em forma esférica de cúpula e foi criada para resolver a maior desvantagem das osteotomias circulares, isto é, a incapacidade de corrigir deformidades em mais de um plano (Fox and Tomlinson 2015).

Consiste numa única osteotomia em que os dois fragmentos ósseos resultantes podem ser manipulados nos planos frontal, sagital e transversal em relação um ao outro, permitindo assim a correção simultânea de deformidades multidirecionais (Macdonald and Matthiesen 1991; Brunelli 2003; Fox et al. 2006).

Assim, as vantagens desta osteotomia incluem todas as mencionadas anteriormente para as osteotomias radiais, acrescentando ainda a possibilidade de correção de deformidades nos três planos (Sellier et al. 2020).

Porém, a sua maior complicação é a aplicabilidade em ossos não uniformes, isto é, com diferentes diâmetros nos planos ortogonais. Nestes casos, se a lâmina não for do mesmo tamanho que o maior diâmetro do osso, a realização da osteotomia resulta numa incompatibilidade de tamanho entre os planos, má aposição e correção deficiente da deformidade (Fox and Tomlinson 2015).

8. Aparelhos de fixação externa esquelética

Fixações externas esqueléticas têm diversos fins e são principalmente utilizadas para a estabilização primária ou secundária de fraturas em ossos longos, fraturas ou luxações da coluna espinal, luxações ou artrodeses de articulações ou para providenciar suporte na reconstrução de ligamentos e tendões. Podem também ser utilizadas dinamicamente para aumentar o crescimento de um osso longo após o seu fecho prematuro fisal completo ou ainda para restabelecer o alinhamento fisiológico de ossos com deformidades angulares (Martinez and DeCamp 2015).

As fixações externas esqueléticas consistem em implantes de transfixação percutâneos, que podem ser agulhas de aço inoxidável, as chamadas agulhas de Kirschner (até 3mm de diâmetro), cavilhas (mais de 3mm de diâmetro), ou ambos. Estes implantes, por sua vez, estão acoplados a uma moldura externa, a qual pode ser linear através de barras conectoras, circular com cavilhas de transfixação conectadas a anéis que por sua vez estão conectados por barras roscadas, ou híbrida (HESF). Estas molduras podem ser compostas de diversos materiais com distintas propriedades e pesos tais como o aço inoxidável, fibra de carbono, titânio ou acrílico, dependendo do fim que se pretende (Martinez and DeCamp 2015).

Fixadores externos esqueléticos são comumente utilizados para estabilizar e/ou distrair osteotomias no tratamento de deformidades angulares em cães devido ao facto de serem adaptáveis à complexa anatomia tridimensional dos ossos deformados. Possuem a grande vantagem de poderem ser ajustados no pós-operatório conforme necessário e

também permitem a correção angular progressiva e/ou osteogénese de distração pelo meio de dobradiças e motores de distração. Esta mudança ajustável e progressiva não é possível com outros métodos de fixação (Martinez and DeCamp 2015).

Em geral, os fixadores externos esqueléticos oferecem diversas vantagens frente a outros sistemas de fixação como as placas ósseas. Estes fornecem ao cirurgião (1) latitude adicional para ajustar a estrutura de fixação após a cirurgia, o que pode melhorar a consolidação da fratura ou osteotomia, (2) permitem modificações no alinhamento durante as fases iniciais da consolidação óssea, (3) a sua fixação percutânea fornece uma abordagem minimamente invasiva, (4) são bem tolerados por cães e gatos, permitindo o retorno precoce da função do membro, (5) geralmente podem ser removidos sem necessidade de anestesia geral do paciente e, finalmente, (6) são mais económicos para o cirurgião e cliente uma vez que, após limpeza e esterilização devidas, alguns componentes podem ser reutilizados em vários pacientes ao longo do tempo (Martinez and DeCamp 2015).

No entanto, a correção aguda de deformidades angulares através de fixadores externos esqueléticos está sempre limitada pela severidade da contração dos tecidos moles adjacentes e existem complicações associadas ao uso de fixadores externos em geral, entre as quais a rotura da agulha/cavilha, inflamação ou infeção do canal da agulha/cavilha, dano neurológico ou vascular e osteomielite. A complicação mais reportada foi a infeção do canal da agulha/cavilha acompanhada de lise óssea (Welch and Lewis 1999).

8.1. Fixadores externos lineares

Os sistemas de fixação externa linear podem consistir em agulhas de Kirschner ou cavilhas conectadas a uma única barra conectora, ou seja, uma moldura unilateral (moldura tipo Ia); a duas barras conectoras opostas a 90°, moldura unilateral biplanar (moldura tipo Ib); a duas barras conectoras opostas 180°, moldura bilateral (moldura tipo IIa ou IIb); ou três barras conectoras em que duas estão opostas 180° entre si e a outra a 90° das restantes, moldura bilateral biplanar (moldura tipo III). Existe uma grande variedade de designs conforme as necessidades do paciente e o sistema de Kirschner-Ehmer (KE) é o fixador externo linear mais utilizado em ortopedia veterinária de pequenos animais (Martinez and DeCamp 2015).

Em casos de deformidades angulares mais simples, especialmente em cães com expectativa mínima de crescimento contínuo, como as raças condrodistróficas, estas são corrigidas com osteotomias seguidas da correção aguda da deformidade axial e posterior estabilização com uma simples moldura tipo Ia. No caso do animal ser de maior porte ou peso, pondo em risco a estabilidade da moldura, o cirurgião pode optar pelos tipos Ib ou II para fixação da deformidade (Martinez and DeCamp 2015).

Johnson et al., pioneiro no uso do termo *pes varus*, reportou resultados favoráveis sobre o uso de aparelhos de fixação externa do tipo II para o seu tratamento de em cinco Dachshunds (Izumisawa et al. 2005).

8.2. Fixadores externos circulares e fixadores externos circulares articulados

Existem também fixadores externos circulares, baseados no sistema Ilizarov para medicina humana, que permitem a correção de deformidades angulares, rotacionais e discrepâncias de comprimento, tendo também a vantagem de permitirem efetuar ajustes e correções após a cirurgia por meio de um conjunto de dobradiças e unidades motoras angulares (Welch and Lewis 1999).

A escolha de um fixador externo circular muitas vezes é feita em casos onde os cães com deformidade angular apresentam também problemas significativos no comprimento do osso, especialmente quando as placas de crescimento estão envolvidas numa idade muito jovem (Martinez and DeCamp 2015).

Este pode ser colocado em casos de correção aguda da deformidade axial no momento da osteotomia, em que esta estrutura apenas é usada para fins de distração axial e aprimoramento do comprimento do osso ou, alternativamente, o cirurgião pode optar por adicionar dobradiças à moldura de modo a obter uma distração progressiva angular e axial, as chamadas fixações externas circulares articuladas (Martinez and DeCamp 2015).

As osteotomias em cunha aberta são muitas vezes completadas com um fixador externo esquelético circular, uma vez que podem ser executadas menos invasivamente através de uma pequena incisão na pele para a realização da osteotomia e posteriormente abertas gradualmente com uma moldura angulada (Fox and Tomlinson 2015).

Fixações externas circulares articuladas (HCEF) foram usadas com sucesso para a correção de deformidades angulares do antebraço e podem ser adaptadas para o tratamento de deformidades angulares e défices de comprimento distais tibiais (Jaeger et al. 2007).

No entanto, devido à conformação corporal do Dachshund, isto é, tibia curta, grande volume de massa muscular da coxa e proximidade da tibia com o abdómen, este método de fixação não é adequado para esta raça pelo potencial risco de morbidade dos tecidos moles adjacentes (Radasch et al. 2008).

8.3. Fixadores externos híbridos (HESF)

Os fixadores externos híbridos usam componentes dos fixadores externos lineares e circulares (Martinez and DeCamp 2015), podendo ser utilizados na correção de *pes varus* em Dachshunds (Radasch et al. 2008).

9. Fixadores internos

Os implantes constituídos por placas e parafusos foram inicialmente desenhados para o tratamento de fraturas em ossos longos, no entanto, atualmente estão disponíveis para a aplicação em quase todos os tipos de fraturas e resoluções ortopédicas, havendo ainda a opção de realizar placas customizadas, úteis em medicina veterinária, perante a variabilidade de formato ósseo para os diferentes pacientes (Theyse 2014). Estas podem ter desenhos variados e incorporar conceitos físicos de estabilização diferentes em função da ligação placa-parafuso-osso (Martinez and DeCamp 2015).

O biomaterial do qual é composta a placa pode ser variado, mais ou menos plástico, elástico e de biocompatibilidade variada, conforme o objetivo a que se pretenda chegar. Os biomateriais mais utilizados em implantes ortopédicos são o inox (316LVM) e o titânio (Ti-6Al-4V), elementos que conferem ao sistema de fixação distintas características físicas e comportamento biológico durante o processo de consolidação (Theyse 2014).

Este método de fixação convencional alcança a estabilidade óssea através do atrito causado entre o conjunto placa-parafuso e o osso após o aperto dos parafusos, sendo o contacto entre estes essencial para permitir a estabilidade e consequente regeneração do defeito ósseo. Uma das desvantagens das placas convencionais que atuam com este princípio é a grande superfície de contacto placa-osso, a qual resulta numa vascularização deficiente no local de interface, tendo implicações na consolidação do defeito (Theyse 2014). A fim de superar parcialmente as pobres propriedades desta interface placa-osso, desenvolveram-se placas de contacto limitado com sulcos na parte interna por forma a preservar e promover o aumento da vascularização óssea (Theyse 2014).

Essencialmente, as placas podem ser convencionais, onde a estabilidade óssea é conseguida por forças de tração do osso contra a placa, exercidas pelos parafusos, ou bloqueadas LP (*Locking plates*), as quais fornecem uma maior estabilidade por se acoplarem também aos parafusos segundo um sistema de rosca. Assim, o sistema placa-parafuso funciona como um único elemento estável, travando o movimento deste par e, consequentemente, a tração do fragmento ósseo contra a placa deixa de ser necessária, preservando o perióstio adjacente (Barnhart and Maritato 2018).

As placas podem ainda ser estáticas, quando apenas neutralizam as forças no hiato da fratura, ou de compressão dinâmica DCP (*Dynamic compression plate*), que promovem a aproximação dos segmentos ósseos por compressão através de um orifício deslizante (Martinez and DeCamp 2015), favorecendo a ossificação direta anatómica.

Nas placas convencionais e nas DCP, a força de tração do osso é limitada pela qualidade óssea adjacente à rosca do parafuso, assim, à medida que se instala algum grau

de osteólise, a instabilidade do sistema aumenta e o atrito do parafuso que traciona o osso contra a placa perde-se, colapsando o sistema. Em situações que obriguem a uma estabilização a longo prazo, por consolidação tardia, como é o caso da ossificação de grandes espaços, pode ser benéfico a aplicação de placas bloqueadas LP (Barnhart and Maritato 2018).

Em estudos anteriores, as correções cirúrgicas de *pes varus* envolveram osteotomias em cunha, tanto abertura como fechada, estabilizadas por placas de compressão dinâmica (Martinez and DeCamp 2015) e Izumisawa et al. (2005) reportou resultados favoráveis na fixação osteotomias em cunha aberta através da fixação com uma placa em T.

10. Fatores clínicos que influenciam a distração osteogénica

Os tipos de tratamento existentes baseiam-se no princípio da distração osteogénica, a qual representa a indução mecânica de um novo osso produzido durante a separação gradual de dois segmentos ósseos bem estabilizados. A distração osteogénica partilha muitos princípios biológicos com o desenvolvimento fisiológico do esqueleto, incluindo os mecanismos de formação óssea endocondral e intramembranosa. O tecido ósseo pode formar-se de novo sem um tecido duro ou cartilagem pré-existent, ao contrário da formação de osso plexiforme ou laminar. Na resolução de fraturas, o tecido ósseo é normalmente organizado de forma aleatória, ao contrário do tecido ósseo formado por distração osteogénica, como em casos de osteotomias, que se orienta ao longo de um molde de colagénio pré-formado (Welch and Lewis 1999).

O princípio da distração osteogénica é baseado na capacidade inerente ao osso de reparar e remodelar em concordância com as forças mecânicas e deformações às quais está exposto (Welch and Lewis 1999), sendo que qualquer perturbação a este fenómeno pode resultar em falhas na correção da deformidade. Dito isto, a estabilidade óssea constitui um dos mais importantes fatores a ter em conta na fixação de osteotomias de correção (Fox and Tomlinson 2015).

As complicações associadas a uma má distração osteogénica incluem a contração muscular, subluxação, lesão vascular ou neurológico, consolidação prematura ou consolidação retardada (Welch and Lewis 1999).

11. Enxertos ósseos

Por forma a promover a osteogénese local, podem-se colocar enxertos de osso esponjoso no local do defeito em cunha que se podem recolher de vários locais,

nomeadamente da crista tibial, úmero ou crista do íleo. Este transplante fornece tanto componentes celulares como proteínas que aceleram a cicatrização óssea (Martinez and Walker 1999).

Em alternativa, o β - fosfato tricálcico (β -TCP) é um potente substituto sintético do enxerto ósseo e um dos mais utilizados. Para além de ser um material com propriedades osteocondutoras, é também osteoindutor, características que, combinadas com a sua reabsorção mediada por células, permitem a regeneração total de defeitos ósseos (Bohner et al. 2020). Em 2005, Izumisawa et al., reportou resultados favoráveis na transplantação de β -TCP na resolução de dois casos de *pes varus* em Dachshunds por osteotomia em cunha aberta, demonstrando-se uma alternativa eficaz uma vez que, nos exames imagiológicos dois meses após a cirurgia, já se encontrava fusionado com o osso envolvente.

III - RESOLUÇÃO CIRÚRGICA DE CASOS DE PES VARUS EM DACHSHUNDS POR OSTEOTOMIA EM CUNHA ABERTA E MÉTODOS DE FIXAÇÃO INTERNA

1. INTRODUÇÃO

O *pes varus* é uma deformidade angular do membro pélvico que, apesar de pouco comum, está sobre representada na raça Dachshund (DeCamp et al. 2016).

Por esta ser maioritariamente congénita, os animais apresentam-se à consulta em idade jovem com uma conformação patognomónica do membro ou membros pélvicos podendo, ou não, ser acompanhada de outras complicações secundárias como a claudicação ou dor (Banks et al. 2021). O prognóstico, na maioria das vezes, é bom quando a intervenção por parte do tutor e do clínico é atempada e sem complicações associadas (Fox and Tomlinson 2015).

A abordagem clínica baseia-se no histórico do animal, nos sinais clínicos, em exames imagiológicos e num plano de correção cirúrgico da deformidade segundo o método CORA.

O tratamento definitivo de *pes varus* requer uma correção cirúrgica (Sellier et al. 2020) por forma a devolver as superfícies articulares tibiais distal e proximal à sua orientação fisiológica, no plano frontal (Radasch et al. 2008 ; Petazzoni et al. 2012) evitando assim um agravamento da patologia e o surgimento de morbilidades precoces.

2. OBJETIVOS

Na presente dissertação são apresentados três casos clínicos resolvidos no Hospital Veterinario Puchol, em Madrid. A sua importância reside no facto de serem casos de sucesso representativos da abordagem cirúrgica para a correção de *pes varus* com apresentação uniplanar em Dachshunds utilizando a técnica de osteotomia com abertura em cunha descrita por vários autores como Johnson et al. (1989), Izumisawa et al. (2005), Radasch et al. (2008), Yoneij et al. (2007) e Petazzoni et al. (2012) e posterior fixação com meios de fixação interna.

O objetivo do trabalho consiste em descrever a técnica cirúrgica utilizada e, para cada caso clínico individualmente, a apresentação clínica e imagiológica da afeção, o planeamento da cirurgia, e a evolução pós-cirúrgica do membro ou membros operados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da amostra

Os critérios de inclusão neste estudo foram casos de cães exclusivamente da raça Dachshund, sem qualquer histórico de trauma, diagnosticados com uma deformidade angular uniplanar *pes varus* e submetidos à mesma técnica cirúrgica de correção, tendo como finalidade expor o método de planeamento e a técnica cirúrgica aplicados em cada caso, assim como os resultados obtidos após a correção. Todos os animais incluídos no estudo foram submetidos a um exame de estado geral completo, um exame ortopédico e provas imagiológicas do membro afetado. Estas últimas consistindo em radiografias ortogonais realizadas baixo sedação dos animais com dexmedetomidina 2µg/kg IV (Dexmopet® 0,5mg/ml) e propofol IV em relação dose-efeito (Propofol Lipoven Fresenius® 10mg/ml). O estudo imagiológico segundo o método CORA foi realizado com o auxílio dos programas informáticos PACS-Q®, Horos® e Fujifilm®.

A amostra consiste em três casos, dos quais dois são unilaterais e um é bilateral, perfazendo um total de quatro procedimentos cirúrgicos.

3.1.1. Caso clínico 1 - *Pes varus* unilateral do membro pélvico direito (MPD)

Dachshund macho inteiro de 12 meses e 7,1 kg de peso remitido para o tratamento cirúrgico de *pes varus* do membro posterior direito. A anamnese e os restantes resultados do exame de estado geral não são relevantes, no entanto, apresenta historial de claudicação esporádica de grau 1 desse mesmo membro. No exame ortopédico que efetuámos não era apreciável claudicação nem dor associada.

3.1.2. Caso clínico 2 - *Pes varus* unilateral do membro pélvico esquerdo (MPE)

Dachshund fêmea inteira de 7 meses e 6,8 kg de peso que se apresenta à consulta com angulação do membro pélvico esquerdo mais acentuada desde há um mês. O historial, a anamnese e os resultados do exame de estado geral não são relevantes. No exame ortopédico não se aprecia claudicação e o animal não apresenta dor, no entanto, apresenta uma conformação patognomónica de *pes varus* do membro pélvico esquerdo.

3.1.3. Caso clínico 3 - *Pes varus* bilateral

Dachshund macho inteiro de 10 meses de idade e 7,1 kg de peso. O historial, anamnese e resultados do exame de estado geral não são relevantes. Apresenta-se à consulta com angulação de ambos os membros pélvicos e os tutores afirmam que desde nascença que apresenta esta conformação. Na exploração ortopédica não se aprecia claudicação e o animal não apresenta dor, no entanto, apresenta desvio *varus* de ambos os membros pélvicos ao nível do tarso, consistente com o diagnóstico de *pes varus*.



Figura 6: Pré-cirúrgico (caso clínico 3).

3.2. Estudo imagiológico

3.2.1. Caso clínico 1

Foram realizadas radiografias ortogonais de ambos os membros pélvicos nas quais se observa uma deformidade angular da tíbia distal direita no plano frontal (*pes varus*).

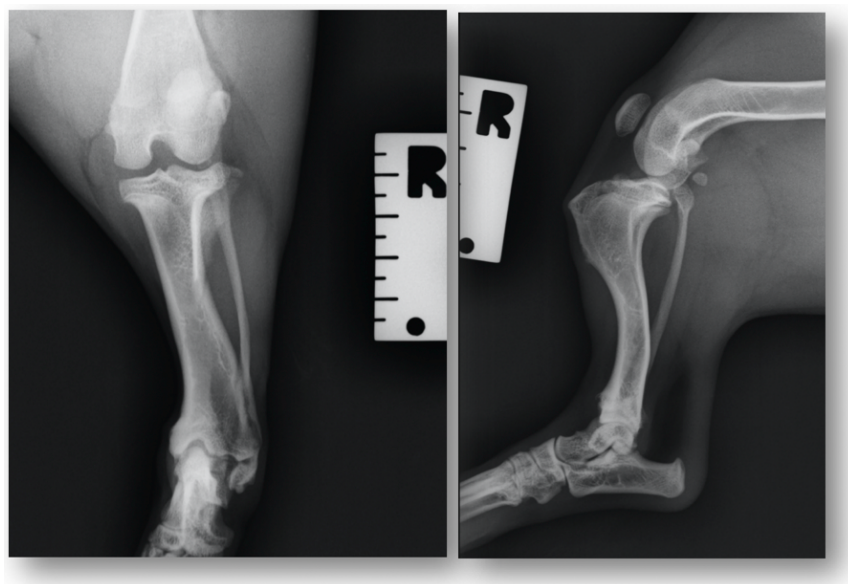


Figura 7: Radiografias ortogonais da tíbia direita (caso 1).

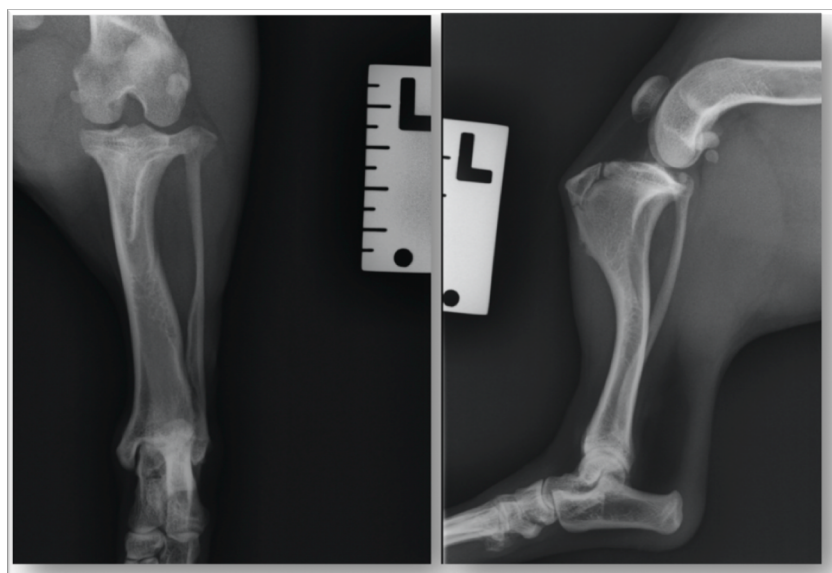


Figura 8: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda (caso clínico 1).

Segundo o método de planeamento e correção de deformidades angulares CORA foram traçados os eixos mecânicos tibiais proximal e distal e medidos os ângulos de orientação articular para a tíbia esquerda, mMPTA e mMDTA, de aproximadamente 87° e 86° , respetivamente. Posteriormente, utilizando como referência esses mesmos ângulos da tíbia normal, foram traçados os eixos mecânicos na tíbia direita e localizado um CORA, constando num *pes varus* uniplanar uniapical. O ângulo de correção da angulação era de, aproximadamente, 34.68° , o que, no ensaio radiográfico da osteotomia, corresponde a uma abertura da cunha de 8.02mm e a uma translocação do segmento ósseo distal de 4.61mm.

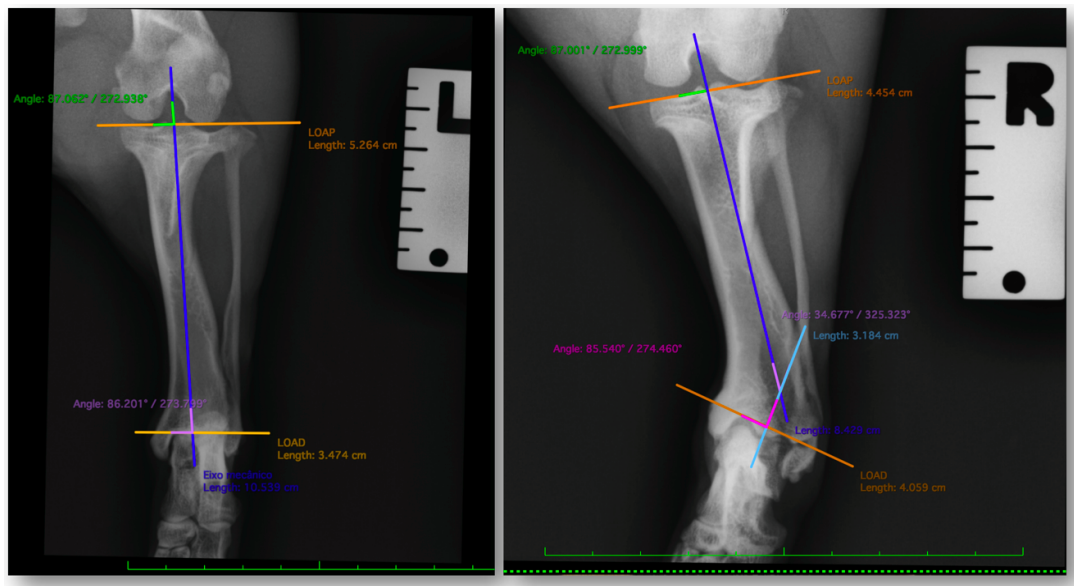


Figura 9: Estudo radiográfico da tíbia no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 1).

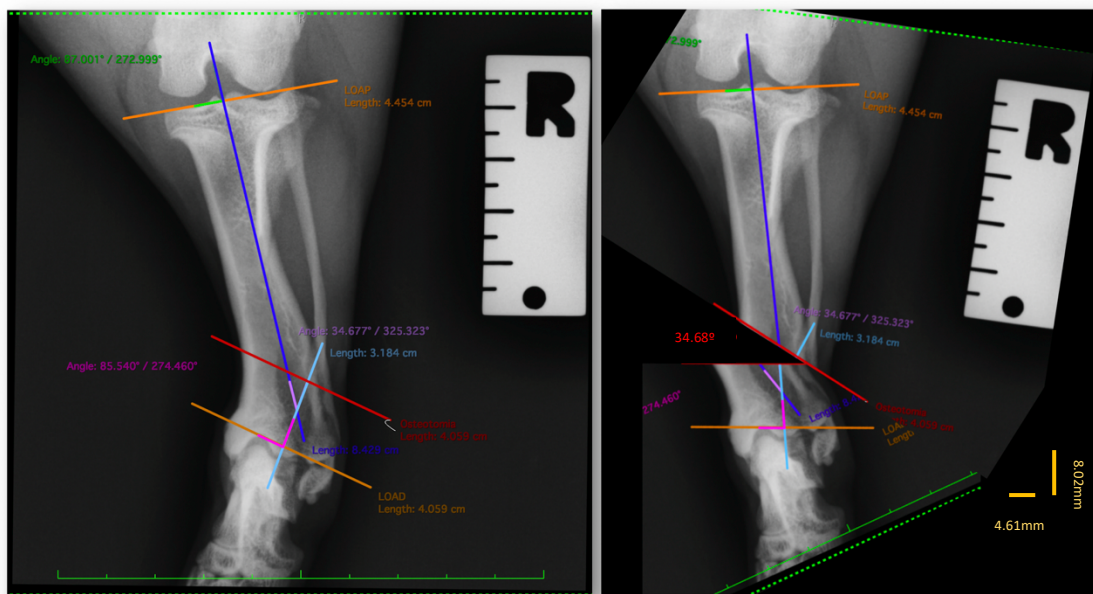


Figura 10: Ensaio da osteotomia da tíbia direita no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 1).

3.2.2. Caso clínico 2

Nas radiografias ortogonais de ambos os membros pélvicos confirmou-se a presença de uma deformidade *varus* na tíbia distal esquerda.

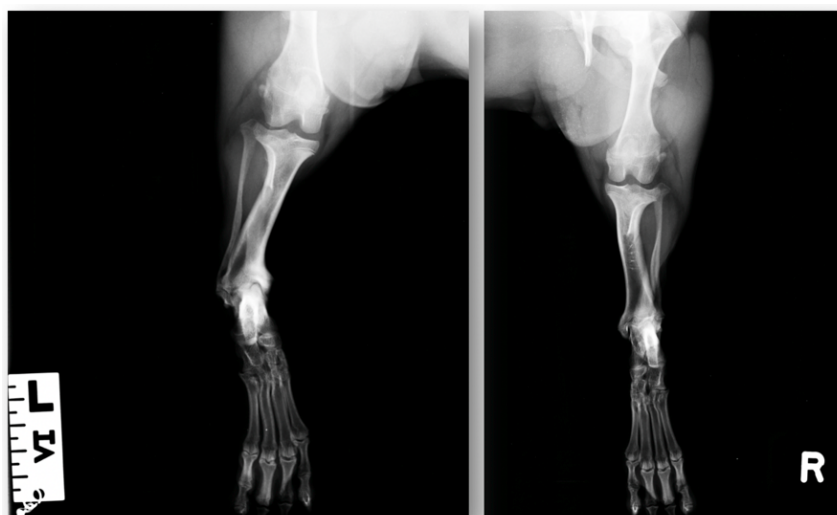


Figura 11: Radiografias tibiais no plano frontal (caso clínico 2).

À semelhança do caso clínico 1, neste caso também foi feito um estudo radiográfico segundo o método CORA e um ensaio da osteotomia do membro pélvico esquerdo, chegando-se aos valores aproximados de 88° e 92° para os mMPTA e mMDTA, respectivamente, e ao ângulo de correção da angulação de 28.02° o que corresponde a uma abertura da cunha de cerca de 6mm sem translocação do segmento ósseo distal. O membro pélvico direito também apresentava uma ligeira angulação de cerca de 8° , no entanto, o cirurgião optou por corrigir o membro esquerdo à semelhança do direito, mantendo esta ligeira angulação.

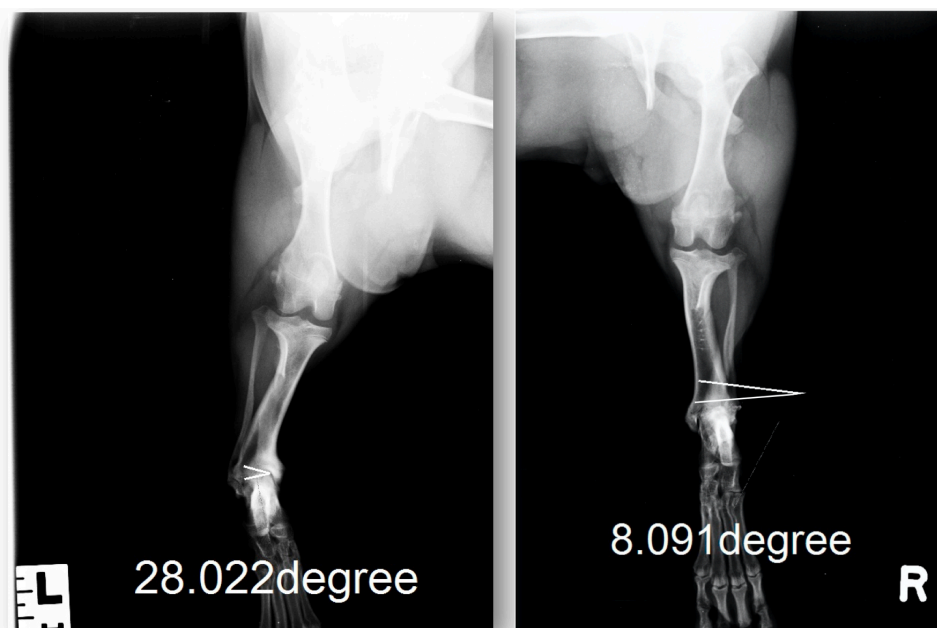


Figura 12: Estudo radiográfico da tibia no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 2).

3.2.3. Caso clínico 3

Radiografias ortogonais foram realizadas aos dois membros pélvicos, nas quais, em ambas, era apreciável uma deformação angular severa da tíbia distal (*varus* distal).

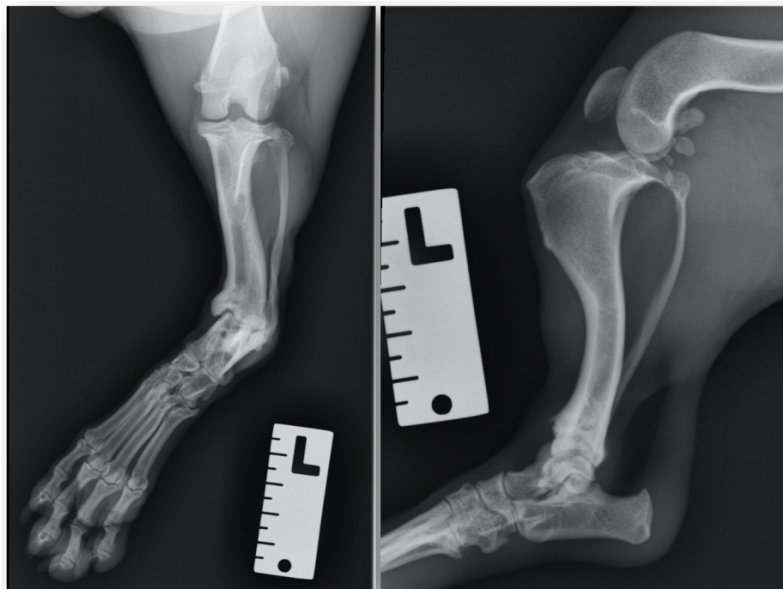


Figura 13: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda (caso clínico 3).

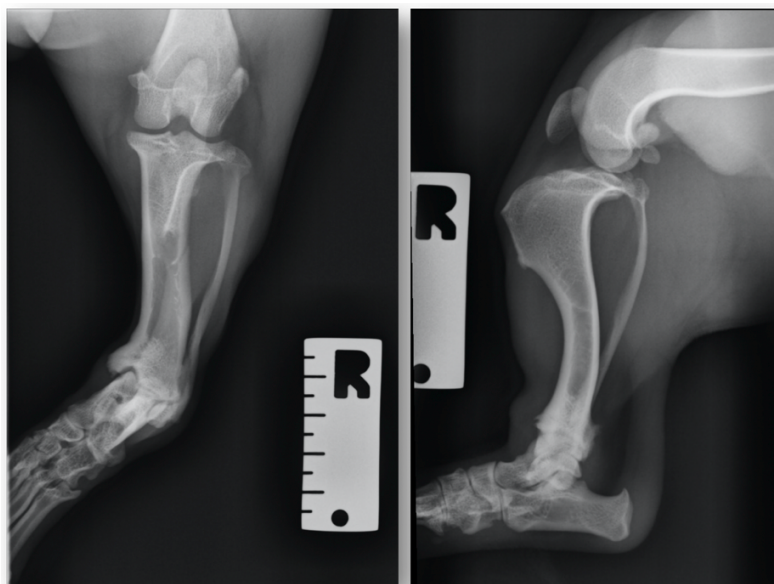


Figura 14: Radiografias ortogonais da tíbia direita (caso clínico 3).

Foi aplicado o método CORA de modo a caracterizar o ângulo de correção da angulação, o ponto CORA, a linha de osteotomia ideal e o eixo de correção da angulação

para ambos os membros pélvicos utilizando como referência os ângulos reportados por Banks et al. (2021) de, aproximadamente, 93.1° e 97.5° para os mMPTA e mMDTA, respectivamente.

3.1.3.1. MPE

Utilizando como base os ângulos de referência mencionados acima determinámos dois pontos CORA, consistindo num *pes varus* uniplanar biapical. O ângulo de correção proximal não foi considerado e o ângulo de correção distal era de, aproximadamente, 50.6°. Posteriormente, à semelhança dos casos anteriores, realizou-se um ensaio da osteotomia e abertura da cunha na radiografia, marcando-se as várias distâncias da mesma. A abertura da cunha foi de, aproximadamente, 9.4mm com uma translocação do segmento ósseo distal de 6.45mm.

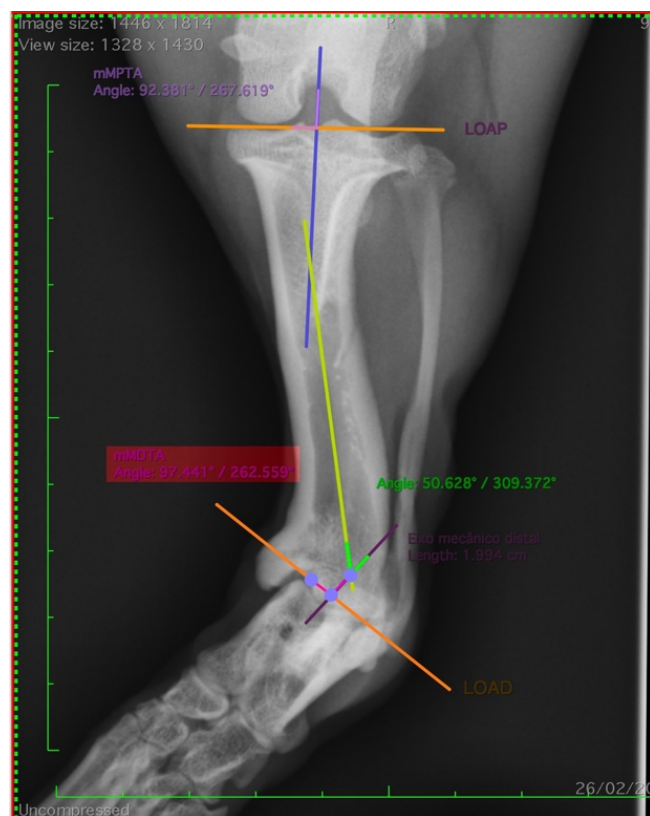


Figura 15: Estudo radiográfico da tíbia esquerda no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 3).

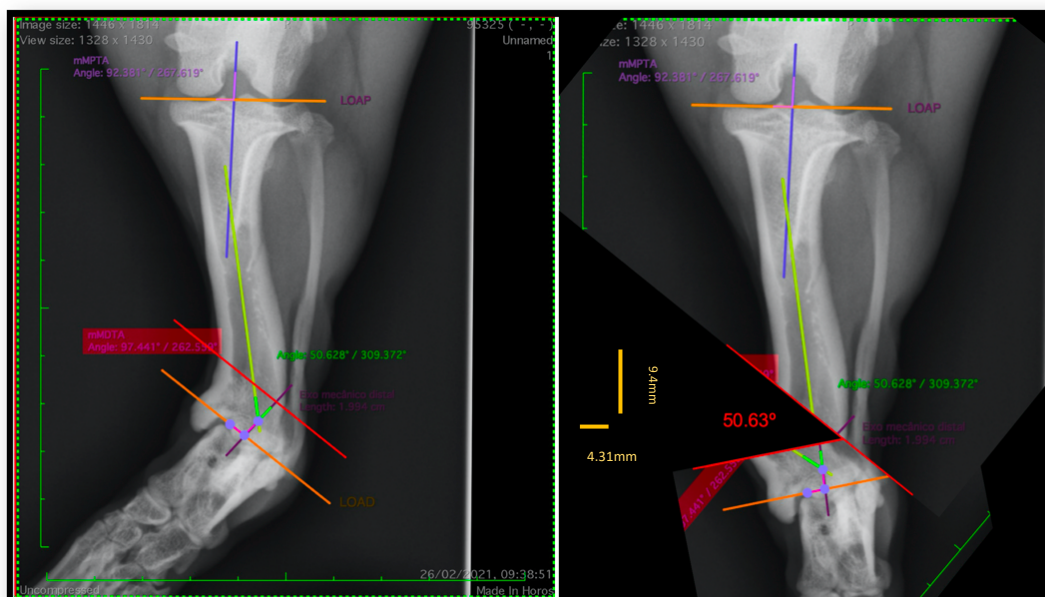


Figura 16: Ensaio da osteotomia da tíbia esquerda no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 3).

3.2.3.2. MPD

Utilizando os mesmos valores de referência para os mMPTA e mMDTA, determinámos dois pontos CORA, consistindo também num *pes varus* uniplanar biapical, no entanto, à semelhança do outro membro, não se considerou o ângulo de correção proximal e o ângulo de correção distal é de, aproximadamente, 50.63°, o que corresponde a uma abertura da cunha de cerca de 9.48mm e uma translocação do segmento ósseo distal de 4.89mm.

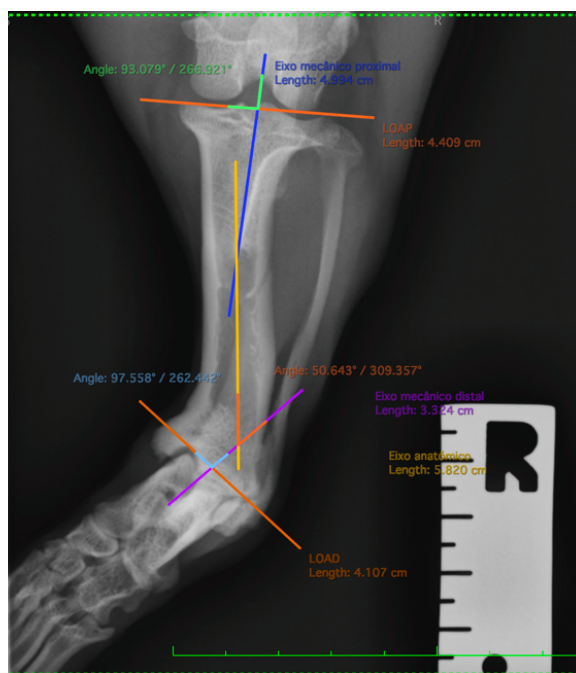


Figura 17: Estudo radiográfico da tíbia direita no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 3).

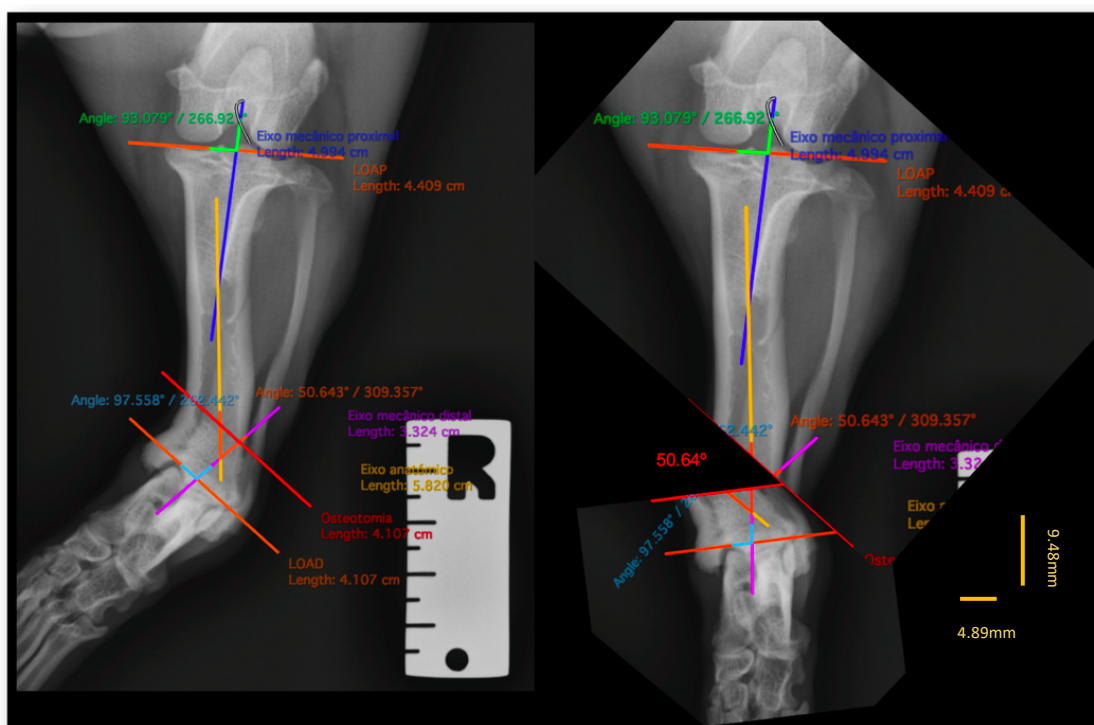


Figura 18: Ensaio da osteotomia da tíbia direita no plano frontal segundo o método CORA (caso clínico 3).

Foram compilados numa tabela os valores dos ângulos de orientação articular utilizados para cada caso, assim como os ângulos de correção e a abertura da cunha.

Tabela 2: Medições pré-operatórias obtidas segundo o método CORA .

Medições pré-operatórias					
Caso clínico	θ	Membro <i>varus</i>		Membro contralateral	
		Abertura da cunha (mm)	Translocação (mm)	mMPTA	mMDTA
1	34.68°	8.02	4.61	87.06°	86.2°
2	28.02°	6.0	0	88°	92°
3.1	50.63°	9.4	4.31	93.1°	97.5°
3.2	50.63°	9.48	4.89		

3.3. Técnicas suportadas

3.3.1. Protocolo anestésico

Foi aplicado, em todos os pacientes, antes de cada procedimento cirúrgico, o mesmo protocolo anestésico, um protocolo standard para pacientes de traumatologia. A cada cão foram administradas, como pré-medicação, dexmedetomidina 2µg/kg IV (Dexmopet®

0,5mg/ml) e metadona 0,2mg/kg IV (Semfortan® 10mg/ml). A anestesia geral foi induzida com propofol 1mg/kg IV (Propofol Lipoven Fresenius® 10mg/ml) e alfaxalona IV (Alfaxan® 10mg/ml) segundo o princípio dose-efeito e mantida com isoflurano a 2% (Isso-vet™) e oxigênio. A reversão anestésica foi feita com Dex (reverse) e atipamazol IM (Antisedan®) a metade da dose utilizada na pré-medicação. Como analgesia intra-operatória foram administradas lidocaína 3mg/kg IV e ketamina 0,15mg/kg IV (Anesketin® 100mg/ml) em infusão contínua.

3.3.2. Descrição da técnica cirúrgica

O procedimento, explicado anteriormente, consiste na realização de um corte atravessando os dois córtices tibiais num ponto previamente determinado pelo cirurgião no estudo radiográfico, abrindo a osteotomia em forma de cunha com a angulação de correção e fixando-a com uma placa cranial e outra medial. Deste modo, pretende-se obter o melhor alinhamento possível entre os eixos dos segmentos ósseos proximal e distal e, assim, uma angulação fisiológica da tibia.

Após tricotomia e assepsia, monitoriza-se o animal e posiciona-se em decúbito dorsal apenas com o membro pélvico a operar atravessando os panos de campo. Inicia-se o procedimento com a marcação da articulação tibiotarsal com agulhas de 25G seguida de uma incisão craniomedial de, aproximadamente, 5cm, variando entre os animais, que exponha a mesma articulação.

A suposta linha de osteotomia é identificada através de uma régua cirúrgica e marcada com a inserção de uma agulha de Kirschner de 1.2mm de rosca negativa. Posteriormente, identificam-se as linhas de orientação articular e, paralelamente a estas, são inseridas agulhas de Kirschner de 1.5mm de rosca negativa para fixação dos segmentos ósseos distal e proximal.

De seguida, procede-se à osteotomia da tibia distal com uma serra linear oscilante (Synthes Colibri II®) no local marcado previamente com a primeira agulha e estabiliza-se a mesma com um jig apoiado nas agulhas distal e proximal. Com o auxílio do jig e do compasso cirúrgico, realiza-se a abertura da cunha com os graus de correção da angulação tendo como referência as distâncias da cunha medidas no ensaio radiográfico.

Após confirmação do alinhamento ósseo, a cunha é fixada com uma placa na face medial da tibia, a qual pode ser acompanhada de uma segunda placa na face cranial.

Finalmente, os fechos dos planos muscular e subcutâneo são realizados de forma convencional com PDS 2/0 (Ethicon®) e o fecho da pele com pontos simples em cruz com nylon 3/0 (Ethicon®).

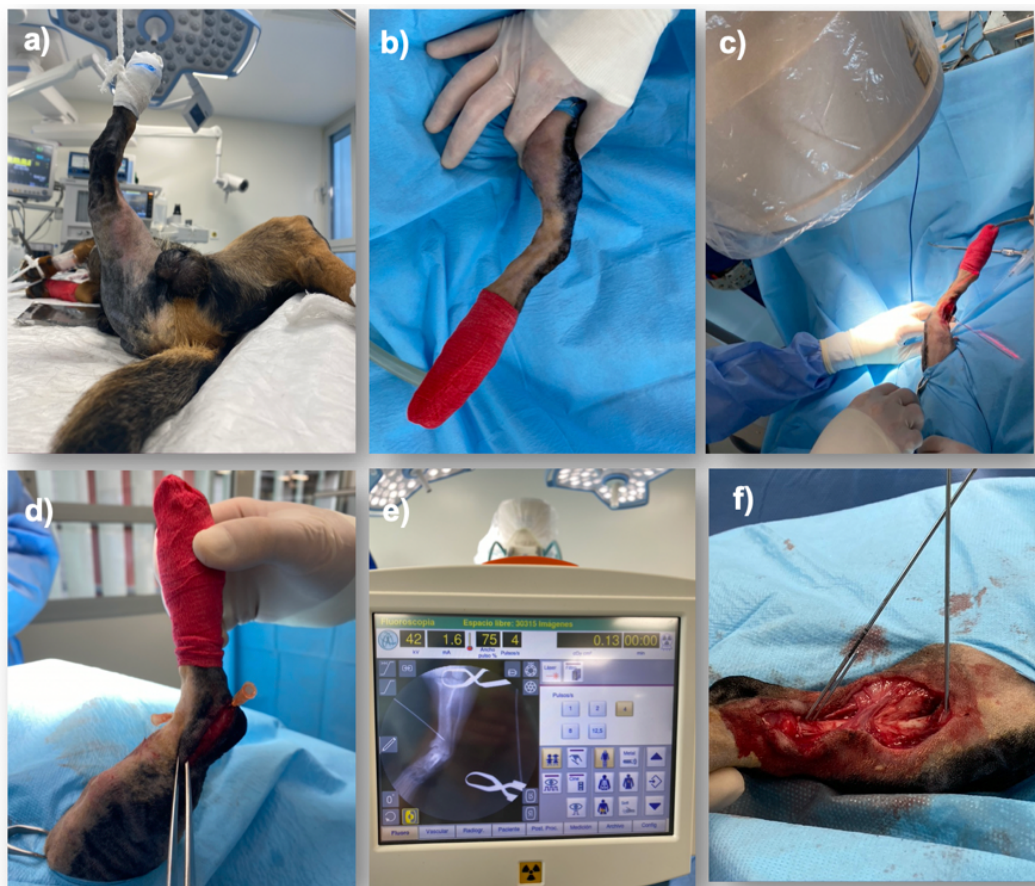


Figura 19: Sequência de vários passos da cirurgia de varulização.

a) Assepsia do membro com *pes varus*; b) *Pes varus* antes do procedimento; c) Confirmação do local da osteotomia por fluoroscopia com a primeira agulha de Kirschner inserida; d) Marcação da articulação tibiotarsal com agulhas de 25G e exposição da mesma; e) Imagem fluoroscópica da agulha de marcação da linha de osteotomia; f) Agulhas de Kirschner posicionadas.



Figura 20: Osteotomia linear distal da tíbia.



Figura 21: Montagem do jig e abertura da cunha.



Figura 22: Confirmação do alinhamento ósseo por fluoroscopia.



Figura 23: Sistema de fixação interna por placas e parafusos.

4. RESULTADOS

4.1. Particularidades dos casos clínicos

4.1.1. Caso clínico 1

A osteotomia foi fixada com duas placas, primeiramente com uma placa bloqueada na face cranial com dois parafusos bloqueados de 2mm e, posteriormente, com uma placa em T na face medial com três parafusos bloqueados de 2mm e um cortical de 2mm.

No defeito em cunha foi colocado um enxerto de osso esponjoso proveniente da crista da mesma tíbia. A cirurgia teve uma duração total de cerca de 3 horas e meia.

4.1.2. Caso clínico 2

A osteotomia foi fixada com uma única placa bloqueada de 2.4mm com cinco parafusos dos quais um é de compressão. O tempo total da cirurgia foi de 3 horas.

4.1.3. Caso clínico 3

Por se tratar de um *pes varus* bilateral, a abordagem dos membros foi feita em dois momentos distintos optando-se por uma abordagem inicial ao membro pélvico esquerdo.

As cirurgias de ambos os membros foram realizadas por um cirurgião diferente ao dos dois casos anteriores e todos os passos de introdução de agulhas foram seguidos de uma monitorização da sua posição via fluoroscopia com um fluoroscópio da marca Ziehm Imaging Inc.®.

As osteotomias foram ambas fixadas primeiramente com uma placa bloqueada de titânio de 2mm na face cranial tibial com 4 parafusos e, posteriormente, com uma placa bloqueada de 2mm de aço inoxidável, feita à medida, com 4 parafusos bloqueados na face medial.

4.1.3.1. MPE

No defeito em cunha foi colocado um enxerto de osso esponjoso proveniente do úmero direito e o tempo total da cirurgia foi de 3 horas.

4.1.3.2. MPD

Foi necessário retirar a aresta óssea medial do segmento ósseo distal após a sua translocação para uma melhor aposição da placa. Colocou-se um enxerto de osso esponjoso proveniente do úmero esquerdo e o tempo total da cirurgia foi cerca de 2 horas e meia.

4.2. Sucesso cirúrgico

Após o procedimento cirúrgico, em todos os casos, foram realizadas radiografias pós-cirúrgicas por forma a avaliar a correção da deformidade e a posição do implante. Consultas de revisão acompanhadas de radiografias aos um e dois meses após o procedimento também foram realizadas com o objetivo de acompanhar o retorno da funcionalidade do membro e monitorizar a progressão da ossificação do defeito em cunha.

4.2.1. Caso clínico 1

Radiografias pós-cirúrgicas

Após a cirurgia foram realizadas radiografias ortogonais da tíbia operada nas quais se confirmou um bom alinhamento dos eixos ósseos.

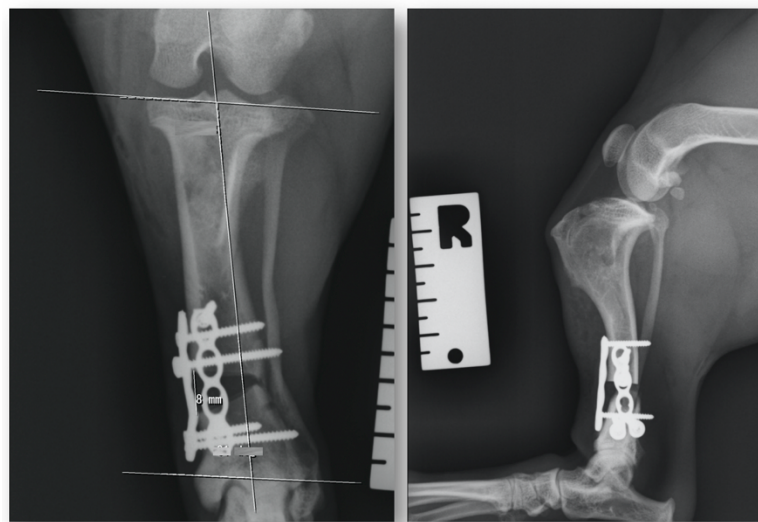


Figura 24: Radiografias ortogonais da tíbia direita após cirurgia (caso clínico 1).

Medicação pós-cirúrgica

A medicação administrada pós operatoricamente foi cefalexina a 30mg/kg via oral BID (Therios 300mg®) durante dez dias, tramadol solução oral a 2 mg/kg TID (Tramadol 100mg/ml Amsa®) durante seis dias, meloxicam a 0,1mg/kg via oral SID (Metacam 2,5mg®) durante vinte e um dias e marbofloxacina a 2mg/kg via oral SID (Efex 10mg®) durante dez dias.

Pós-cirúrgico

Duas semanas após a cirurgia apresenta apoio completo com carga incompleta do membro pélvico esquerdo, sem dor nem seroma associados e uma boa cicatrização, retirando-se os pontos.

As seguintes revisões foram efetuadas pela clínica remetente, tendo evoluído para um apoio completo com carga completa ao mês após a cirurgia e a consolidação do defeito ósseo foi total aos três meses.

4.2.2. Caso clínico 2

Radiografias pós-cirúrgicas

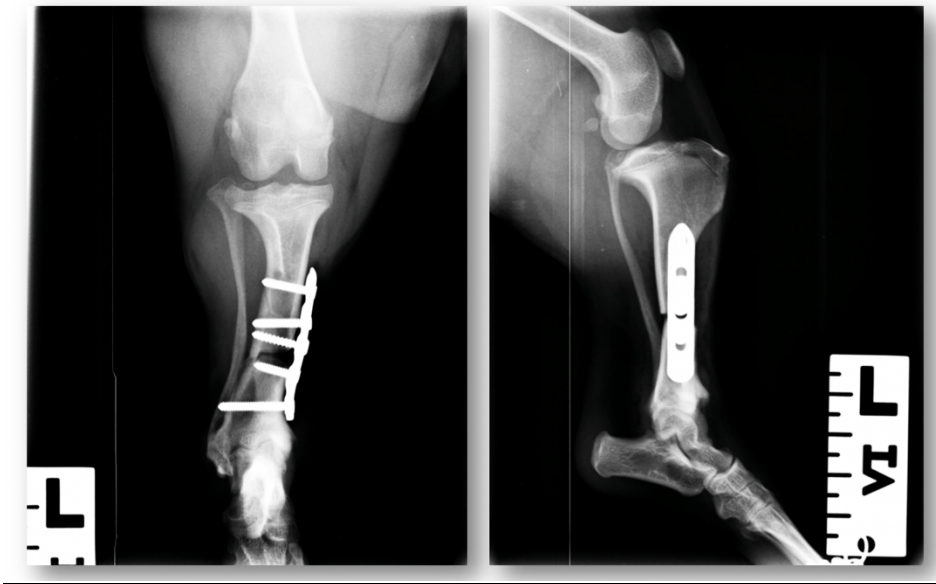


Figura 25: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda após cirurgia (caso clínico 2).

Nas radiografias ortogonais realizadas após a cirurgia foi possível observar que a abertura da osteotomia foi realizada corretamente com uma boa fixação interna, tendo sido suficiente para obter um adequado alinhamento ósseo.

Medicação pós-cirúrgica

A medicação administrada pós-operatoriamente foi cefalexina a 30mg/kg via oral BID (Therios 300mg®) durante dez dias, tramadol solução oral a 4 mg/kg TID (Tramadol 100mg/ml Amsa®) durante dez dias e meloxicam a 0,1mg/kg via oral SID (Metacam 2,5mg®) durante dez dias.

Pós-cirúrgico

Duas semanas após a cirurgia apresenta claudicação de grau 2, sem dor nem seroma associados e uma boa cicatrização, optando-se por retirar os pontos.

Revisão um mês após a cirurgia o apoio do membro é completo com carga completa, sem claudicação, e as radiografias demonstram consolidação óssea em curso no local da cunha sem qualquer tipo de reação ao implante.

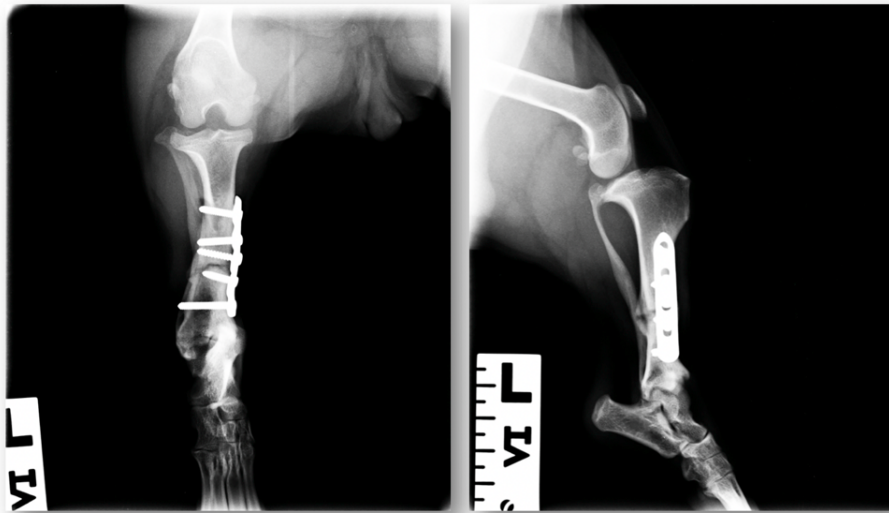


Figura 26: Radiografias ortogonais da tíbia direita um mês após cirurgia (caso clínico 1).

Após dois meses da cirurgia mantém um apoio completo do membro com carga completa e as radiografias realizadas demonstram uma consolidação óssea bastante avançada do defeito em cunha.

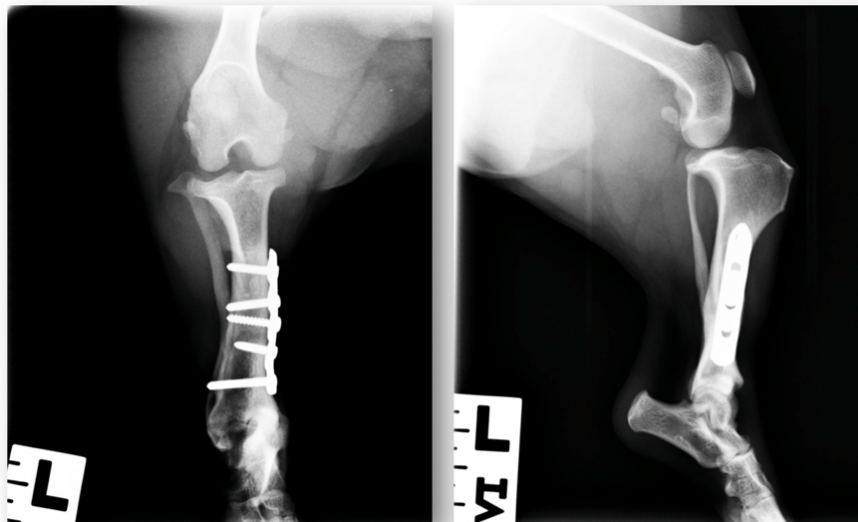


Figura 27: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda dois meses após cirurgia (caso clínico 2).

Após três meses e meio da cirurgia apresenta uma consolidação total do defeito ósseo sem claudicação apreciável.

4.2.3. Caso clínico 3

4.2.3.1. MPE

Radiografias pós-cirúrgicas

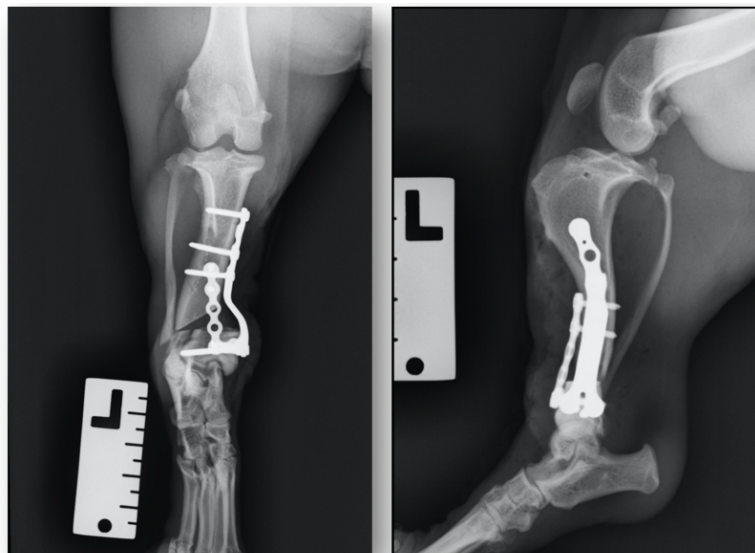


Figura 28: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda após cirurgia (caso clínico 3).

Após a abordagem ao primeiro membro foram realizadas radiografias ortogonais nas quais verificámos que a abertura da osteotomia e as fixações internas aplicadas eram suficientes para obter um alinhamento satisfatório dos segmentos ósseos.

Medicação pós-cirúrgica

A medicação administrada pós-operatoriamente foi a mesma para as duas cirurgias e consistiu em cefalexina a 30mg/kg via oral BID (Therios 300mg®) durante quinze dias, tramadol solução oral a 4 mg/kg TID (Tramadol 100mg/ml Amsa®) durante seis dias, meloxicam a 0,1mg/kg via oral SID (Metacam 2,5mg®) durante vinte e um dias, marbofloxacin a 2mg/kg via oral SID (Efex 10mg®) durante dez dias e paracetamol em solução para infusão endovenosa a 7,5mg/kg BID (Paracetamol NORMON® 10mg/ml) durante um dia.

Pós-cirúrgico

No dia após a cirurgia do membro pélvico esquerdo apresenta claudicação de grau 3 e leve inflamação sem dor à manipulação. Ao segundo dia continua com leve inflamação do membro sem dor e claudicação de grau 2 e é dada a alta.

Uma semana após a cirurgia apresenta um apoio completo do membro pélvico esquerdo com carga incompleta, sem dor e uma cicatrização da pele avançada.

Duas semanas após a cirurgia são retirados os pontos, não apresenta sinais apreciáveis de infecção, inflamação ou dor à palpação dos implantes, apenas claudica esporadicamente ao levantar-se.

Um mês depois da cirurgia mantém-se sem claudicação apreciável, apresentando um apoio completo do membro sem inflamação nem dor à palpação. Nas radiografias realizadas é visível uma ossificação avançada do defeito sem reação aos implantes.

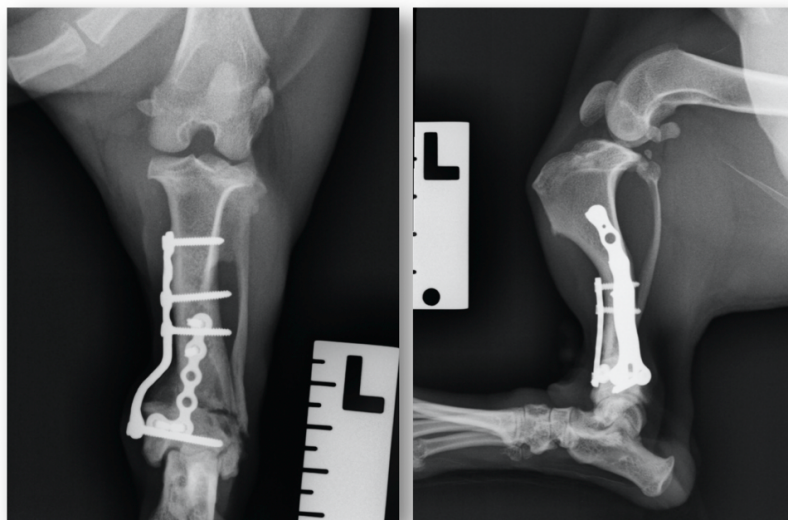


Figura 29: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda um mês após cirurgia (caso clínico 3).

Nas radiografias realizadas dois meses após a cirurgia do membro pélvico esquerdo é visível uma consolidação avançada do defeito, sendo esta satisfatória para se proceder à abordagem do membro contralateral.

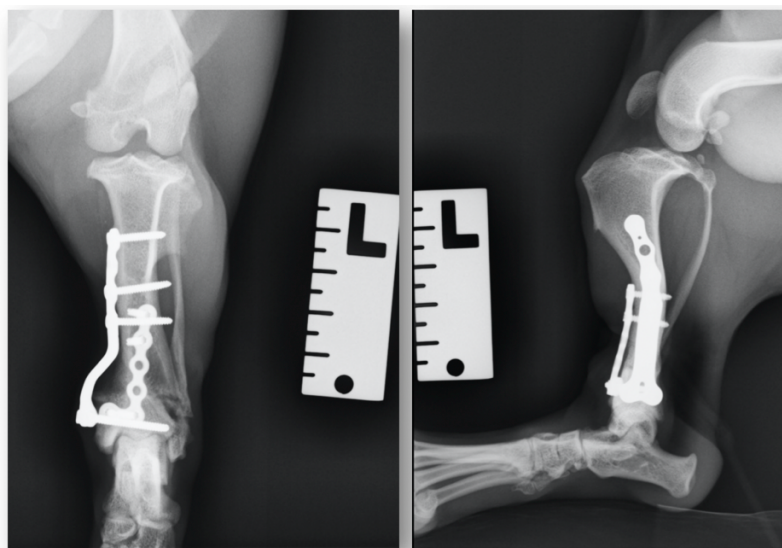


Figura 30: Radiografias ortogonais da tíbia esquerda dois meses após cirurgia (caso clínico 3).

4.2.3.2. MPD

Radiografias pós-cirúrgicas

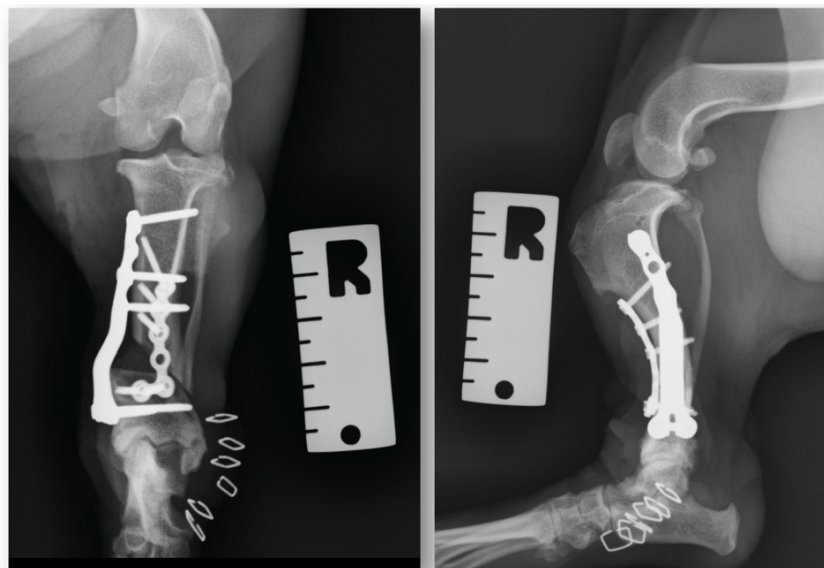


Figura 31: Radiografias ortogonais da tíbia direita após cirurgia (caso clínico 3).

Pós-cirúrgico

No dia após a cirurgia do membro pélvico direito apresenta apoio esporádico do membro com carga incompleta e leve inflamação sem dor à manipulação.



Figura 32: Pós-cirúrgico do membro pélvico direito.

Ao segundo dia há uma diminuição da inflamação do membro sem dor e com apoio completo e é dada a alta.

Uma semana após a cirurgia apresenta-se ativo com apoio completo do membro operado com carga incompleta e uma significativa melhoria da inflamação apesar de exsudar um pouco da abertura medial.

Duas semanas após a cirurgia mantém-se bastante ativo com apoio completo com carga incompleta, sem inflamação, seroma, edema ou exsudação na zona de abordagem cirúrgica, no entanto, a cicatrização da pele encontra-se um pouco retardada, optando por se retirar os pontos apenas às três semanas.

Três semanas após a cirurgia apresenta um apoio completo com carga incompleta do membro pélvico direito e uma carga completa no membro pélvico esquerdo.

Um mês depois da cirurgia mantém-se sem claudicação apreciável em ambos os membros, sendo visível uma ossificação avançada do defeito sem reação aos implantes.

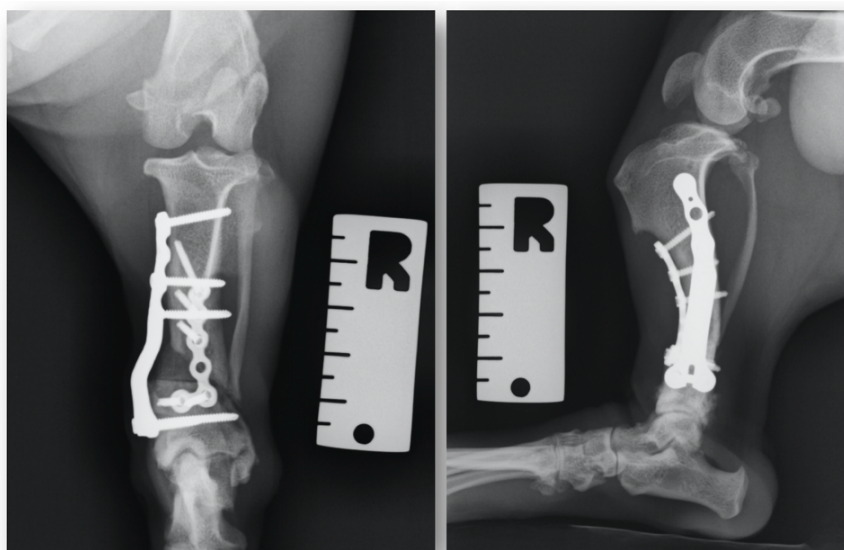


Figura 33: Radiografias ortogonais da tíbia direita após um mês cirurgia (caso clínico 3)

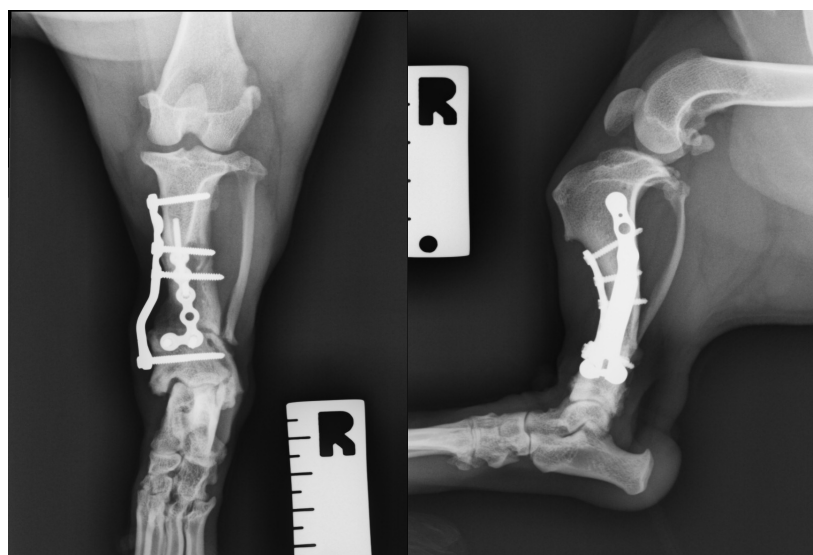


Figura 34: Radiografias ortogonais da tíbia direita dois meses após cirurgia (caso clínico 3)

IV. DISCUSSÃO

Nesta série de casos de *pes varus*, que inclui um caso bilateral, são reportadas as apresentações clínicas, as provas imagiológicas com o respetivo estudo segundo o método CORA, a cirurgia de correção e os resultados obtidos em cada um deles, assim como a evolução pós-cirúrgica.

Pes varus foi primeiramente descrito por Mayrhofer como displasia metafiseal da tíbia em 1977 (Izumisawa et al. 2005), tratando-se de uma patologia rara que constitui uma pequena porção das 4.4 a 6.9% das deformidades angulares da tíbia em cães (Jaeger et al. 2007) mas que, no entanto, se encontra sobre representada na raça Dachshund (DeCamp et al. 2016). Foi comparada com a doença de Pyle em humanos (Heselson et al. 1979; Jezyk 1985) pela displasia metafiseal distal da tíbia (Galada et al. 2017) com características hereditárias autossómicas recessivas (Banks et al. 2021) que ocorre em ambas, no entanto, na Doença de Pyle, entre muitas outras características não comuns, ocorre um fecho precoce lateral da placa epifisária distal que provoca um valgus tibial. Porém, a fisiopatologia do *pes varus* assemelha-se bastante à deformidade pediátrica mais comum em medicina humana, o *talipes equinovarus* idiopático congénito, no qual também se dá o aparecimento congénito de *pes varus* e adução do tarso (Pavone et al. 2018). Esta doença é normalmente corrigida segundo o método de Ponseti, um método que não recorre à correção cirúrgica da deformidade mas sim à correção por manipulação e posterior fixação do membro nessa posição segundo uma técnica específica de colocação do gesso (Pavone et al. 2018). Esta técnica nunca foi reportada como uma das abordagens ao *pes varus* em medicina veterinária, no entanto, pelas suas características pouco invasivas, a investigação neste campo pode ser interessante dada a complexidade e as consequências associadas com as técnicas cirúrgicas existentes até aos dias de hoje. A maior desvantagem da aplicação deste método consiste na necessidade do animal ser bastante jovem e, assim, ainda apresentar um suficiente potencial de crescimento do osso para a autocorreção da deformidade (Sellier et al. 2020). Apesar deste não ter sido o processo de tratamento executado nos 3 casos clínicos reportados sugerimos, como interesse futuro, que se realizem estudos que permitam a eventual validação desta técnica não invasiva tão utilizada em medicina humana pela aparente semelhança entre a patologia humana e os casos mencionados neste trabalho.

A causa do seu aparecimento predominantemente em Dachshunds (Johnson et al. 1989) é incerta, porém, acredita-se que esta seja maioritariamente hereditária autossómica recessiva (Banks et al. 2021), tal como a doença de Pyle em medicina humana (Galada et al. 2017), pelo facto de muitas vezes não se relacionar com uma história de trauma e ser comumente observada em membros da mesma família (Izumisawa et al. 2005; Radasch et al. 2008; Johnson et al. 1989), o que é suportado pelos casos reportados neste trabalho uma

vez que em nenhum deles existe relação com um acontecimento traumático e a amostra consiste em apenas cães desta raça. Pode ser uma patologia tanto unilateral como bilateral, sendo que os casos bilaterais são relativamente frequentes nesta raça por esta mesma característica hereditária (Banks et al. 2021). A apresentação bilateral da patologia está presente em dois dos três cães da amostra, ainda que no caso clínico 2 não considerámos relevante a deformidade de um dos membros.

Nestes pacientes ocorre um fecho excêntrico medial da placa epifisária distal tibial (Banks et al. 2021) que resulta num crescimento ósseo medial retardado acompanhado de um encurtamento geral e curvatura da tíbia, o que, conjuntamente com as forças aplicadas sobre o membro, promove um desvio *varus* do tarso (Radasch et al. 2008). Se não for corrigida atempadamente, a deformidade tibial agrava-se, gerando problemas funcionais (DeCamp et al. 2016) que proporcionam uma dispersão anormal da carga sobre a articulação talocrural o que, numa fase mais avançada, pode até mesmo chegar a afetar a articulação femoro-tibial (Izumisawa et al. 2005). Se a deformidade não for corrigida e progredir para além da capacidade compensatória do cão, geram-se vários graus de claudicação, dor, osteoartrose (Banks et al. 2021) ou, menos frequentemente, rotura dos ligamentos periarticulares laterais da articulação talocrural (Petazzoni et al. 2012) ou luxação da patela (Izumisawa et al. 2005), sendo, por isso, sempre aconselhada a sua correção cirúrgica o mais precocemente possível após o diagnóstico (Sellier et al. 2020), conforme foi efetuado em todos os casos clínicos executados neste estudo de caso.

O diagnóstico de *pes varus*, em todos os casos, foi inicialmente clínico, no qual todos os pacientes apresentavam uma conformação em forma de arco do membro pélvico patognomónica desta patologia (Banks et al. 2021). Segundo Johnson et al. (1989), esta patologia no Dachshund é frequentemente acompanhada de vários graus de claudicação, no entanto, apenas o cão do caso clínico 1 apresentava este sinal. A razão pela qual este sinal clínico tão comum nesta patologia ser observado em apenas um dos três casos apresentados pode dever-se à amostra ser formada apenas por pacientes jovens e o facto do único animal que apresenta este sinal clínico ser o mais velho de toda a amostra suporta que a progressão da doença predispõe ao desenvolvimento de morbilidades secundárias, suportando também a necessidade imperiosa de intervir atempadamente nestes casos (Banks et al. 2021).

Dado que a importância dos exames imagiológicos nestes casos reside não só na confirmação do diagnóstico definitivo mas também na análise da deformidade angular e no planeamento da cirurgia de correção segundo o método CORA (Fox and Tomlinson 2015), realizaram-se radiografias ortogonais a ambos os membros pélvicos para todos os casos, independentemente de se tratar de um *pes varus* unilateral ou bilateral. Segundo Johnson et al. (1989), foi prestada especial atenção de modo a não alterar a aparência radiográfica da deformidade por tração ou rotação do membro aquando do posicionamento e também foi

assegurado de que todas as estruturas descritas anteriormente eram incluídas na projeção, no entanto, o mínimo erro durante este procedimento pode resultar em pequenos erros de medição durante a aplicação do método CORA que, dependendo da gravidade, podem ou não influenciar a correção do membro segundo Fox e Tomlinson (2015). Todas as radiografias realizadas para os casos clínicos incluíram as estruturas essenciais e o membro foi corretamente posicionado para a aplicação adequada do método CORA.

A coexistência de várias deformidades angulares nos diferentes planos, as chamadas deformidades biplanares ou multiplanares, podem ocorrer, o que dificulta o planeamento e a execução da cirurgia podendo ser necessário recorrer a exames complementares de diagnóstico como a TAC ou ainda a realização de modelos 3D que permitem uma melhor visualização e um ensaio pré-cirúrgico numa réplica do osso (Fox and Tomlinson 2015), no entanto, a patologia *pes varus* sugere uma deformidade angular uniplanar no plano frontal que pode, ou não, ser complicada por uma ou mais deformidades nos planos sagital ou transversal (Fox and Tomlinson 2015), não tendo sido este o caso neste estudo, uma vez que todos os casos apresentados consistem em *pes varus* uniplanares.

Por forma a determinar os ângulos de correção necessários para cada caso, as linhas de orientação articular foram traçadas segundo os pontos de referência reportados por Dismukes et al. (2007) e o método CORA foi aplicado como descrito por Fox e Tomlinson (2015). Como sugerido por Radasch et al. (2008), os casos clínicos 1 e 2, que consistiam em *pes varus* unilaterais, foram preferencialmente corrigidos conforme os ângulos de orientação articulares do membro contralateral não afetado do mesmo animal, enquanto que o caso clínico 3, bilateral, foi corrigido segundo os ângulos considerados normais para Dachshunds por Banks et al. (2021). Os resultados obtidos em todos os casos pela utilização destes ângulos como referência corresponderam ao esperado pelos cirurgiões. No caso clínico 2, ambos os membros apresentavam *pes varus*, no entanto, considerámos que o ângulo de correção da angulação de cerca de 8° na tíbia direita não era significativo. Sempre e quando o ângulo de correção não é considerado aberrante pelo cirurgião experiente, como neste caso, julgamos preferível apenas a correção do *pes varus* à semelhança da tíbia com menor angulação, mantendo-se uma ligeira deformidade *varus* em ambas as tíbias mas conseguindo obter o equilíbrio biomecânico anatómico desejável entre os dois membros. Faltam, no entanto, estudos que validem esta opção frente à alternativa do ajuste absoluto aos ângulos de referência, independentemente do posicionamento do membro contralateral. Também não se encontraram estudos que permitissem perceber qual a variação aceitável e tolerável do ângulo de correção para prescindir do ajuste cirúrgico, isto é, o limite de acomodação do defeito *varus* pelo animal. No caso clínico 3, ambas as tíbias apresentavam uma deformidade angular biapical, porém, devido à reduzida angulação proximal, optámos por apenas corrigir a angulação distal pela mesma razão acima descrita e também pelo facto de que angulações

tão reduzidas como esta são uma complicação frequente desta cirurgia, podendo ocorrer por várias razões, entre elas, um mau posicionamento do membro na radiografia, erros de precisão na aplicação do método CORA ou complicações intra-cirúrgicas, sem que necessariamente tenha um impacto funcional no resultado final após a correção.

Muitas modalidades de tratamento são sugeridas para esta patologia, sendo que a mais apropriada para cada caso é a que permita o melhor alinhamento dos eixos ósseos distal e proximal à deformidade e proporcione uma boa estabilidade óssea sem alterar significativamente o comprimento do membro em respeito ao contralateral (Sellier et al. 2020). À semelhança dos casos reportados por Johnson et al. (1989), Izumisawa et al. (2005), Radasch et al. (2008) e Petazzoni et al. (2012), todas as deformidades neste estudo foram resolvidas com uma osteotomia em cunha aberta, uma vez que se tratavam todos de *pes varus* uniplanares, sendo que optámos por uma técnica de fácil execução (Radasch et al. 2008), no entanto, que requer meios fortes de fixação pois a insuficiente aposição dos segmentos ósseos gera uma configuração instável da tibia (Radasch et al. 2008), o que, se os implantes não forem suficientemente fortes, pode predispor à sua falha por fratura devido ao stress a que estão sujeitos os materiais do implante (Sellier et al. 2020).

Por outro lado, poderíamos ter optado pela técnica da ostectomia em cunha fechada, uma vez que esta proporcionaria uma maior superfície de contacto entre os segmentos ósseos, daí uma maior estabilidade óssea, e uma melhor aposição das placas de fixação (Fox and Tomlinson 2015), tendo assim, uma maior vantagem na osteossíntese. No entanto, considerámos que, para os casos clínicos da amostra, as placas utilizadas eram suficientemente fortes para a estabilização da abertura em cunha e, como os membros com *pes varus* eram significativamente mais curtos que o membro pélvico contralateral do mesmo cão, optámos por realizar uma osteotomia em cunha aberta, na qual o ligeiro alongamento ósseo iatrogénico provocado (Fox and Tomlinson 2015) é vantajoso.

Também a osteotomia radial, apesar de mais complexa, permite uma correção uniplanar com grande aposição dos segmentos ósseos e elevada estabilidade sem, contudo, afetar o comprimento tibial (Fox and Tomlinson 2015), porém, a sua aplicação nestes casos clínicos não é ideal devido à localização dos pontos CORA que, em todos os casos, se encontravam bastante próximos à articulação tarsocrural, não sendo viável a realização da osteotomia no local ideal pelo distanciamento causado pelo raio da serra circular (Fox and Tomlinson 2015). Por outro lado, este tipo de osteotomia não permitiria uma boa correção da deformidade uma vez que não permite a aplicação ideal da primeira Lei de Paley e, quando se aplica a segunda Lei de Paley, é necessário transladar o segmento distal para obter o alinhamento dos eixos ósseos (Paley 2002), o que não é possível com esta técnica devido à conformação do corte e localização dos pontos CORA, que obrigam a seguir a terceira Lei de

Paley na qual a co-linearidade entre os eixos ósseos não é obtida (Petazzoni et al. 2012), razão principal pela qual não optámos por esta técnica.

Como abordagem inicial, em todas as cirurgias, realizámos a abordagem craniomedial da tíbia, a qual consideramos de extrema importância pois permite a exposição cranial da articulação tibiotarsal, a localização rápida da linha de orientação articular, impede a violação da superfície articular e melhora a colocação do implante.

No caso clínico 1 detetaram-se limitações práticas durante a cirurgia, entre elas, a necessidade de um ajudante de cirurgião para imobilizar o membro pélvico até à colocação do jig. É importante referir que a tíbia de um Dachshund é relativamente pequena, sendo os ângulos e as distâncias a que se trabalham também de proporções reduzidas, requerendo ao cirurgião um trabalho preciso e delicado no qual a presença de um ajudante se torna essencial. Esta, conjuntamente com a falta de uma sonda de radiofrequência bipolar que facilitasse a coagulação e a separação de tecidos, foram algumas das dificuldades acrescidas a este caso clínico que contribuíram para um maior tempo de cirurgia.

Nos casos clínicos 1 e 2, a falta de fluoroscópio na sala de cirurgia revelou-se também uma complicação importante pois, ao não se poder observar e confirmar a localização dos instrumentos em tempo real, contribuiu para um aumento do tempo e dificuldade da cirurgia. No caso clínico 3, a presença deste instrumento revelou-se essencial uma vez que facilitou a colocação dos instrumentos com maior precisão e rapidez, o que é uma grande vantagem em cirurgias ortopédicas devido à elevada probabilidade de infeção.

Por forma a promover a osteogénese local, transplantámos enxertos de osso esponjoso no local do defeito em cunha nos casos clínicos 1 e 3. No caso clínico 1, o enxerto de osso esponjoso é proveniente da mesma crista tibial operada, enquanto que, em ambos os procedimentos do caso clínico 3, estes foram colhidos do úmero contralateral. No caso clínico 1 constatámos que a quantidade de osso esponjoso possível retirar da mesma crista tibial não é suficiente para preencher um defeito em cunha com essas dimensões e, apesar de não ter sido realizado, poderíamos preencher o resto do defeito com outro material osteoindutor ou ainda um enxerto ósseo cortical, no entanto, a colheita neste local resultou num procedimento menos invasivo e sem necessidade de assepsias adicionais comparativamente à colheita noutro local. No caso clínico 3, com a colheita do enxerto de osso esponjoso no úmero contralateral obtivemos uma quantidade suficiente de osso esponjoso para preencher totalmente o defeito, resultando numa ossificação mais rápida deste comparativamente ao caso clínico 1, porém, requereu mais material e preparação pré-cirúrgica. Em contraste, no caso clínico 2, devido às reduzidas dimensões da cunha e baixo peso do animal, optámos por não aplicar nenhum enxerto e os resultados obtidos, apesar de mais demorados, corresponderam ao esperado pelo cirurgião. Para além do enxerto de osso esponjoso, poderíamos também transplantar o seu substituto sintético, β -TCP (Bohner et al.

2020), já provado ter sucesso na regeneração de defeitos ósseos em osteotomias em cunha aberta por Izumisawa et al. (2005).

Em todos os casos foram aplicadas placas de fixação interna acopladas ao osso com parafusos como método de fixação da abertura em cunha. Nos casos clínicos 1 e 3 aplicámos duas placas, uma medial de aço inoxidável feita à medida e uma cranial de titânio, por forma a promover uma maior estabilidade da estrutura. Uma das complicações cirúrgicas com que nos deparamos com a aplicação de duas placas foi a colocação dos parafusos no local ideal da placa medial após a colocação dos parafusos da placa cranial, que, devido ao pequeno diâmetro das tíbias, coincidiam, no entanto, mesmo considerando mais invasiva a colocação de duas placas, decidimos que para manter a estabilidade da estrutura nestes casos era essencial o reforço da fixação na face cranial da tibia com uma placa de titânio. No caso clínico 2 optámos pela colocação de uma única placa de aço inoxidável na face medial da tibia porque considerámos que, devido ao reduzido peso e tamanho do animal e pequenas dimensões da abertura, invadir o osso com outra placa não seria vantajoso. Por outro lado, por forma a promover uma aproximação dos segmentos e uma ossificação mais rápida com apenas uma placa e sem transplante de osso esponjoso, colocámos um parafuso de compressão. Neste caso, ao utilizar apenas uma placa, conseguimos converter a técnica cirúrgica num procedimento menos invasivo, mais rápido e com menos riscos associados.

Uma opção interessante para a resolução de *pes varus* de uma forma minimamente invasiva é a aplicação de um HCEF, o qual permite uma correção progressiva da deformidade através da distração angular provocada pelas dobradiças na moldura, requerendo apenas uma pequena incisão para a realização da osteotomia (Martinez and DeCamp 2015), no entanto, pareceu-nos que este método de fixação não é apropriado para Dachshunds devido à sua conformação corporal que dificulta a sua aplicação e aceitação biomecânica na locomoção do animal e também porque, segundo alguns autores como Radasch et al. (2008), pode promover a morbilidade dos tecidos moles adjacentes. Alternativamente, podem-se aplicar fixadores externos híbridos (HESF), os quais combinam componentes dos fixadores externos lineares e circulares (Martinez and DeCamp 2015), já tendo sido reportados, por Radasch et al. (2008), treze casos de sucesso na correção de *pes varus* em Dachshunds segundo a técnica de osteotomia em cunha aberta e estabilização com fixadores externos híbridos.

Outras opções de fixação possíveis para estes casos teriam sido a aplicação de fixadores externos lineares dos tipos Ia, Ib ou II, dependendo do peso, tamanho do animal e comprimento da abertura em cunha (Martinez and DeCamp 2015). Os fixadores externos possuem as enormes vantagens ao serem adaptáveis à complexa anatomia tridimensional dos ossos deformados, permitirem ser reajustados no pós-operatório e ainda serem menos invasivos (Martinez and DeCamp 2015), no entanto, parece-nos que a correção da

deformidade pode ficar limitada pela severidade da contração dos tecidos moles adjacentes e o elevado risco de lise óssea por infecção do canal da agulha ou cavilha reportado por alguns autores (Welch and Lewis 1999) levaram-nos a descartar estes métodos de fixação.

V. CONCLUSÃO

O sucesso das intervenções apresentadas neste trabalho para a correção de *pes varus*, quatro membros com *pes varus* em três cães, permitiu-nos concluir que a técnica utilizada foi apropriada para retificação desta deformidade angular em Dachshunds. Contudo, consideramos que seria interessante a realização de um estudo representativo desta técnica com uma amostra mais ampla e propomos investigações futuras de novos materiais e técnicas dado o facto da técnica aplicada ser bastante invasiva.

VI. BIBLIOGRAFIA

Banks C, Meeson R, Kulendra E, Pead M, Phillips H, Phillips A, Carwardine D, Mielke B. 2021. Establishment of Normal Mechanical Tibial Joint Angles in Dachshunds.

Barnhart MD, Maritato KC. 2018. Locking Plates in Veterinary Orthopedics.

Bohner M, Santoni BLG, Döbelin N. 2020. β -tricalcium phosphate for bone substitution: Synthesis and properties. *Acta Biomater.* 113:23–41. doi:10.1016/j.actbio.2020.06.022. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.06.022>.

Brunelli GA. 2003. Dome-shaped osteotomy for distal radius fracture malunions. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 7(2):75–79. doi:10.1097/00130911-200306000-00006.

Carrig CB. 1983. Growth abnormalities of the canine radius and ulna. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 13(1):91–115. doi:10.1016/S0195-5616(83)50006-5. [http://dx.doi.org/10.1016/S0195-5616\(83\)50006-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0195-5616(83)50006-5).

DeCamp C, Ohnston S, Déardin L. 2016. Correction of abnormal bone growth and healing. In: Elsevier, editor. Brinker, Piermattei and Flo's handbook of small animal orthopedics and fracture repair. 5th ed. St. Louis. p. 791–820.

Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, Cook JL, Song KJE. 2007. Radiographic measurement of the proximal and distal mechanical joint angles in the canine tibia. *Vet Surg.* 36(7):699–704. doi:10.1111/j.1532-950X.2007.00323.x.

Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, Cook JL, Witsberger TH. 2008. Radiographic measurement of canine tibial angles in the sagittal plane. *Vet Surg.* 37(3):300–305. doi:10.1111/j.1532-950X.2008.00381.x.

Fox DB. 2015. Radius and Ulna. In: *Veterinary Surgery Small Animal.* p. 760–784.

Fox DB, Tomlinson JL. 2015. Principles of Angular Limb Deformity Correction. In: Johnston SA, Tobias KM, Peck JN, Kent M, editors. *Veterinary Surgery Small Animal.* 2nd ed. Elsevier. p. 762–774.

Fox DB, Tomlinson JL, Cook JL, Breshears LM. 2006. Principles of uniapical and biapical radial deformity correction using dome osteotomies and the center of rotation of angulation methodology in dogs. *Vet Surg.* 35(1):67–77. doi:10.1111/j.1532-950X.2005.00114.x.

Galada C, Shah H, Shukla A, Girisha KM. 2017. A novel sequence variant in SFRP4 causing Pyle disease. *J Hum Genet.* 62(5):575–576. doi:10.1038/jhg.2016.166. <http://dx.doi.org/10.1038/jhg.2016.166>.

Hamish D, Butterworth S. 2000. The tibia and fibula. In: *A guide to canine and feline orthopaedic surgery.* 4th ed. Oxford, England: Blackwell Publishing Ltd. p. 554–574.

Harasen G. 2010. Canine carpal conundrums. *Can Vet J.* 51(8):909–910.

Heselson NG, Raad MS, Hamersma H, Cremin H, Beighton P. 1979. The radiological manifestations of metapyseal dysplasia (Pyle disease). *Br J Radiol.* 52:431–440.

Hulse D, Hyman B. 1993. Fracture biology and biomechanics. In: *Textbook of Small Animal Surgery*.

Izumisawa Y, Seno T, Abe R, Miyoshi K, Maehara S, Wakaiki S, Kushiro T, Umar MA, Tsuzuki K, Yamashita K, et al. 2005. Axial correction of pes varus by transverse-opening wedge osteotomy and T-plate fixation with beta-tricalcium phosphate (β -TCP) transplantation in dachshunds. *J Vet Med Sci.* 67(4):437–440. doi:10.1292/jvms.67.437.

Jaeger GH, Marcellin-Little DJ, Ferretti A. 2007. Morphology and correction of distal tibial valgus deformities. *J Small Anim Pract.* 48(12):678–682. doi:10.1111/j.1748-5827.2007.00388.x.

Jezyk PK. 1985. Constitutional disorders of the skeleton in dogs and cats. In: Newton C, Nunamaker D, editors. *Textbook of Small Animal Orthopaedics*.

Johnson J, Austin C, Breur G. 1994. Incidence of Canine Appendicular Musculoskeletal Disorders in 16 Veterinary Teaching Hospitals from 1980 through 1989. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 07(02):56–69. doi:10.1055/s-0038-1633097.

Johnson SG, Hulse DA, Vangundy TE, Green RW. 1989. Corrective Osteotomy for Pes Varus in the Dachshund. *Vet Surg.* 18(5):373–379. doi:10.1111/j.1532-950X.1989.tb01103.x.

Kobayashi S, Mori H, Kamio K, Muto M, Ichihara N, Asari M. 2012. Morphological analysis of Pes Varus in dachshunds. *J Japan Vet Med Assoc.* 65(6):445–448.

Komiya Y, Habas R. 2008. Wnt signal transduction pathways. *Organogenesis.* 4(2):68–75. doi:10.4161/org.4.2.5851.

Leach D, Sumner-Smith G, Dagg AI. 1977. Diagnosis of lameness in dogs: a preliminary study. *Can Vet J J Journal La Rev vétérinaire Can.* 18(2):141–145.

Macdonald JM, Matthiesen D. 1991. Treatment of Forelimb Growth Plate Deformity in 11 Dogs by Radial Dome Osteotomy and External Coaptation. *Vet Surg.* 20(6):402–408. doi:10.1111/j.1532-950X.1991.tb00347.x.

Marretta S, Schrader S. 1983. Physeal injuries in the dog: a review of 135 cases.

Martinez SA, DeCamp CE. 2015. External Skeletal Fixation. In: *Veterinary Surgery Small Animal*. p. 608–627.

Martinez SA, Walker T. 1999. Bone grafts. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 29(5):1207–1219. doi:10.1016/S0195-5616(99)50110-1. [http://dx.doi.org/10.1016/S0195-5616\(99\)50110-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0195-5616(99)50110-1).

Mendicino RW, Catanzariti AR, Reeves CL, King GL. 2005. A systematic approach to

evaluation of the rearfoot, ankle, and leg in reconstructive surgery. *J Am Podiatr Med Assoc.* 95(1):2–12. doi:10.7547/0950002.

Morgan P, Miller C. 1994. Osteotomy for correction of premature growth plate closure in 24 dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 7:129–135.

O'Brien TR, Morgan JP, Suter PF. 1971. Epiphyseal plate injury in the dog: a radiographic study of growth disturbance in the forelimb. *J Small Anim Pract.* 12(1):19–36. doi:10.1111/j.1748-5827.1971.tb05631.x.

Paley D. 2002. Normal lower limb alignment and joint orientation. In: Herzenberg J, editor. *Principles of Deformity Correction.* Germany: Springer. Verlag Berlin Heidelberg. p. 1–18.

Pavone V, Chisari E, Vescio A, Lucenti L, Sessa G, Testa G. 2018. The etiology of idiopathic congenital talipes equinovarus: A systematic review. *J Orthop Surg Res.* 13(1):1–11. doi:10.1186/s13018-018-0913-z.

Pavone V, Testa G, Costarella L, Pavone P, Sessa G. 2013. Congenital idiopathic talipes equinovarus: an evaluation in infants treated by the Ponseti method. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 17(19):2675–2679.

Petazzoni M, Nicetto T, Vezzoni A, Piras A, Palmer R. 2012. Treatment of pes varus using locking plate fixation in seven Dachshund dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 25(3):231–238. doi:10.3415/VCOT-11-03-0035.

Radasch RM, Lewis DF, McDonald DE, Calfee EF, Barstad RD. 2008. Pes varus correction in dachshunds using a hybrid external fixator. *Vet Surg.* 37(1):71–81. doi:10.1111/j.1532-950X.2007.00350.x.

Sellier C, Dosal MM, Guthrie JW, Fitzpatrick N. 2020. Correction of pes varus deformity in a Miniature Dachshund by true spherical osteotomy with a dome saw blade. *J Am Vet Med Assoc.* 257(6):624–630. doi:10.2460/JAVMA.257.6.624.

Shabtai L, Specht SC, Herzenberg JE. 2014. Worldwide spread of the Ponseti method for clubfoot. *World J Orthop.* 5(5):585–590. doi:10.5312/wjo.v5.i5.585.

Simsek Kiper PO, Saito H, Gori F, Unger S, Hesse E, Yamana K, Kiviranta R, Solban N, Liu J, Brommage R, et al. 2016. Cortical-Bone Fragility — Insights from sFRP4 Deficiency in Pyle's Disease. *N Engl J Med.* 374(26):2553–2562. doi:10.1056/nejmoa1509342.

Theyse LFH. 2014. Fracture Fixation: Plates. In: *World Small Animal Veterinary Association World Congress Proceedings.*

Welch RD, Lewis DD. 1999. Distraction osteogenesis. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 29(5):1187–1205. doi:10.1016/S0195-5616(99)50109-5. [http://dx.doi.org/10.1016/S0195-5616\(99\)50109-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0195-5616(99)50109-5).

Yoneji K, Yoneji W, Okamura T, Kurokawa W, Fukotome A, Akasaka M. 2007. Surgical Guidelines for Corrective Osteotomy with Postoperative Use of Circular External Fixator Hybrid Constructs for Tibial Displasia in Miniature Dachshunds. *J Anim Clin Med.*

16(3):65–70. doi:10.11252/dobutsurinshoigaku.16.65.